

repository.ub.ac.id

**OPTIMASI BIAYA PELAKSANAAN KONSTRUKSI JALAN DENGAN
METODE LOGIKA *FUZZY INFERENCE SYSTEM* TAKAGI-SUGENO PADA
PROYEK JALAN TRANS KALIMANTAN PROVINSI KALIMANTAN
UTARA**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar magister
Pada Magister Minat Manajemen Kontruksi Program Studi S2 Teknik Sipil

TESIS



Disusun oleh :

FEBRYAN NUGRAHA

136060100111024

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

JUDUL TESIS

**OPTIMASI BIAYA PELAKSANAAN KONSTRUKSI JALAN DENGAN
METODE LOGIKA *FUZZY INFERENCE SYSTEM* TAKAGI-SUGENO PADA
PROYEK JALAN TRANS KALIMANTAN PROVINSI KALIMANTAN UTARA**

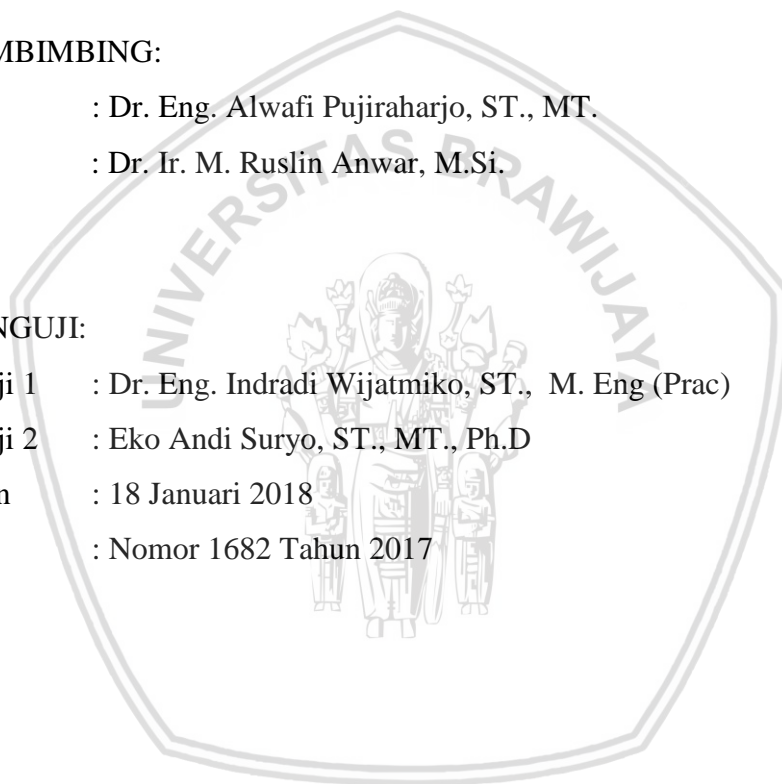
Nama Mahasiswa : Febryan Nugraha
Nim : 136060100111024
Program Studi : Magister Teknik Sipil
Minat : Manajemen Konstruksi

KOMISI PEMBIMBING:

Ketua : Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST., MT.
Anggota : Dr. Ir. M. Ruslin Anwar, M.Si.

KOMISI PENGUJI:

Dosen Penguji 1 : Dr. Eng. Indradi Wijatmiko, ST., M. Eng (Prac)
Dosen Penguji 2 : Eko Andi Suryo, ST., MT., Ph.D
Tanggal Ujian : 18 Januari 2018
SK Penguji : Nomor 1682 Tahun 2017



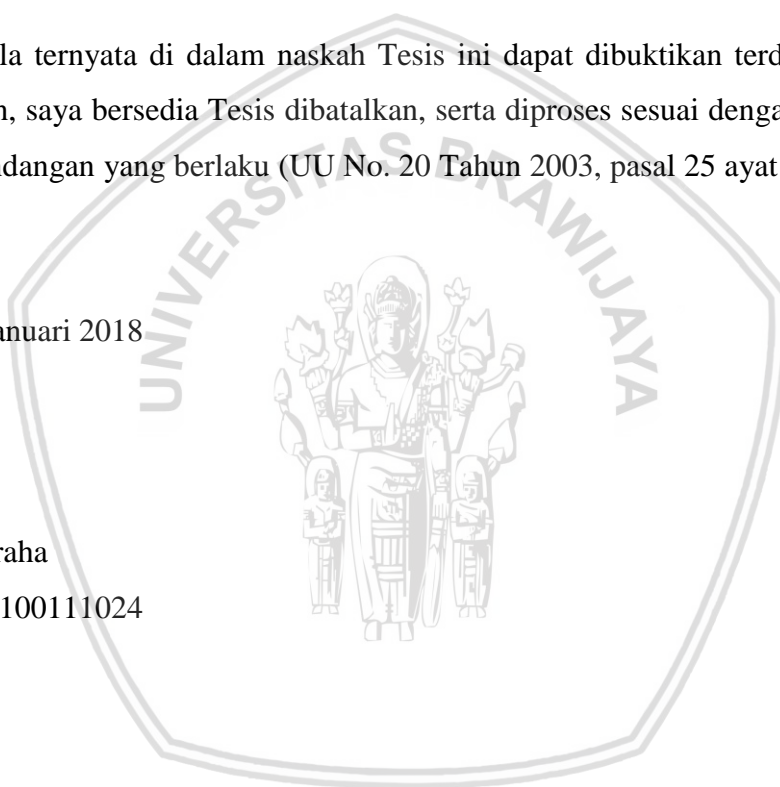
PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Tesis ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Tesis dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 21 Januari 2018
Mahasiswa,

Febryan Nugraha
NIM. 136060100111024



TESIS

OPTIMASI BIAYA PELAKSANAAN KONSTRUKSI JALAN DENGAN METODE LOGIKA *FUZZY INFERENCE SYSTEM* TAKAGI-SUGENO PADA PROYEK JALAN TRANS KALIMANTAN PROVINSI KALIMANTAN UTARA

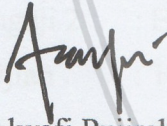
FEBRYAN NUGRAHA

NIM. 136060100111024

telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 18 Januari 2018
dinyatakan telah memenuhi syarat
untuk memperoleh gelar Magister Teknik

Komisi Pembimbing,

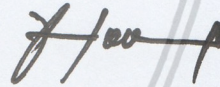
Pembimbing I



Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST., MT.

NIP. 19700829 200012 1 001

Pembimbing II



Dr. Ir. M. Ruslin Anwar, M.Si.

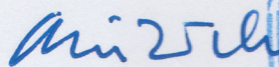
NIP. 19590818 199803 1 001

Malang, Januari 2018

Universitas Brawijaya

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil

Ketua Program Magister Teknik Sipil



Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D.

NIP. 19740619 200012 1 002



RINGKASAN

Febryan Nugraha, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2018, *Optimasi biaya pelaksanaan Konstruksi jalan dengan Metode Logika Fuzzy Inference System Takagi - Sugeno pada proyek jalan trans Kalimantan Provinsi Kalimantan Utara*, Dosen Pembimbing: Alwafi Pujiraharjo dan Ruslin Anwar

Pembangunan nasional memerlukan infrastruktur sebagai salah satu roda penggerak pertumbuhan ekonomi. Salah satu bagian utama dari pembangunan infrastruktur adalah pembangunan jalan raya. Pembangunan jalan raya memerlukan banyak faktor yang perlu dipertimbangkan sebelum proses pembangunan dimulai, seperti faktor bahan, peralatan, tenaga kerja, waktu dan biaya. Pada prakteknya dibutuhkan perhitungan yang akurat dalam menentukan jumlah yang dibutuhkan dari masing-masing faktor, karena sedikit kekeliruan saja dapat menyebabkan kerugian dipihak kontraktor yang berdampak rendahnya kualitas jalan raya. Pada penelitian ini digunakan logika fuzzy (fuzzy logic) sebagai pengambil keputusan. Karena cara kerja logika fuzzy merepresentasikan cara berfikir manusia yang nampak dari sisi luar dan tertuang dalam bentuk kata-kata. Logika Fuzzy merupakan suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (fuzzyness) antara benar atau salah.

Dalam teori logika fuzzy suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Fuzzy sendiri dalam bahasa diartikan sebagai atau samar-samar. Logika fuzzy memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 sampai 1. Logika fuzzy biasa dipakai sebagai penunjuk sejauh mana nilai itu benar dan sejauh mana nilai itu salah, berbeda dengan logika klasik, suatu nilai hanya mempunyai dua kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan atau tidak. Logika fuzzy juga dapat digunakan sebagai alternatif pengambilan keputusan sebagai sistem kendali modern yang mudah. Logika fuzzy yang digunakan adalah FIS Takagi-Sugeno karena komputasi yang lebih efisien, bekerja baik untuk teknik linier, bekerja baik untuk optimasi adaptif dan menjamin kontinuitas hasil.

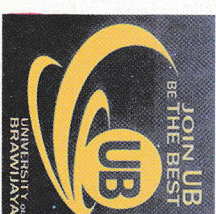
Pada penelitian ini juga akan dikembangkan sebuah aplikasi yang bertujuan membantu pengguna dalam menganalisis dan meramalkan kebutuhan apa saja yang diperlukan dalam membuat suatu konstruksi jalan raya. Dengan menggunakan user interface berbasis FIS Takagi_Sugeno yang dihasilkan dalam penelitian ini, kinerja yang dihasilkan menggunakan Logika fuzzy lebih baik dibandingkan perhitungan

manual, hal ini dapat dilihat dari total biaya yang dihasilkan dari tipe perhitungan. Untuk perhitungan menggunakan Logika Fuzzy memiliki total biaya sebesar Rp.52.950.009.851 sedangkan hasil perhitungan manual sebesar Rp. 54.840.926.051.





UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM MAGISTER



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 030 /UN10.F07.11.21/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

FEBRYAN NUGRAHA

Dengan Judul Tesis :

OPTIMASI BIAYA PELAKSANAAN KONSTRUKSI JALAN DENGAN METODE LOGIKA

FUZZY FIS TAGAGI – SUGENO PADA PROYEK JALAN TRANS KALIMANTAN PROVINSI KALIMANTAN UTARA

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 5\%$, dan
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 19 Januari 2018

Ketua Program Studi S2 Teknik Sipil

Ari Wibowo, ST., MT., Ph.D
NIP. 19740619 200012 1 002



Dr. Eng. Alwadi Pujirohario, ST, MT
NIP. 19700829 200012 1 001

SUMMARY

Febryan Nugraha Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, January 2018, Cost Optimization of Road Construction Implementation by Takagi - Sugeno Fuzzy Inference System Logic Method on Trans Kalimantan Trans Kalimantan Provincial Project, Supervisor: Alwafi Pujiraharjo and Ruslin Anwar

National development requires infrastructure as one of the driving wheel of economic growth. One of the main parts of infrastructure development is the construction of highways. Road construction requires many factors to consider before the development process begins, such as factors of materials, equipment, labor, time and cost. In practice, accurate calculations are needed in determining the required amount of each factor, since a slight mistake can cause losses on the part of the contractor that impact the low quality of the highway. In this research used fuzzy logic (fuzzy logic) as decision maker. Because the workings of fuzzy logic represent the way of human thinking that appears from the outside and contained in the form of words. Fuzzy logic is a logic that has the value of vagueness or fuzzyness between right and wrong.

In fuzzy logic theory a value can be true or false at the same time. Fuzzy itself in the language is interpreted as or vague. Fuzzy logic has degrees of membership in the vulnerable 0 to 1. Fuzzy logic used as a pointer to the extent to which the value is true and the extent to which the value is wrong, in contrast to classical logic, a value has only two the possibility of being a member of the set or not. Fuzzy logic can also be used as an alternative decision-making as an easy modern control system. The fuzzy logic used is FIS Takagi-Sugeno because of its more efficient computing, works well for linear techniques, works well for adaptive optimization and ensures continuity of results.

In this research will also be developed an application that aims to assist users in analyzing and forecasting the needs of what is required in making a highway construction. Using the Takagi_Sugeno FIS based FIS user interface generated in this research, the resulting performance using Fuzzy Logic is better than the manual calculation, it can be seen from the total cost generated from the calculation method. For calculations using Fuzzy Logic has a total cost of Rp.52.950.009.851 while the

results of manual calculations of Rp. 54.840.926.051.



DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	6
2.1.1 Jalan Raya	6
2.1.2 Karakteristik Kontruksi Jalan Raya	7
2.1.3 Rancangan Anggaran Biaya.....	11
2.3.1 Volume Pekerjaan.....	11
2.3.2 Analisis Harga Satuan.....	11
2.3.3 Kurva S	11
2.1.4 Logika Fruzzzy	11
2.4.1 Pengertian Logika <i>Fuzzy</i>	12
2.4.2 Perkembangan Logika <i>Fuzzy</i>	13
2.4.3 Inferensi <i>Fuzzy</i>	13
2.4.4 Fungsi keanggotaan	15
2.1.5 Teknik Optimasi.....	19
BAB III KERANGKA KONSEP PENELITIAN	22
3.1 Kerangka Konsep Umu	22
3.2 Hipotesis	23
BAB IV METODE PENELITIAN	24
3.1 Penentuan Bahan dan Alat	24
3.2 Spesifikasi Sistem	24

3.3	Perancangan Aplikasi Sistem.....	25
3.4	Langkah Penelitian.....	27
3.5	Perancangan Logika Fruzzzy.....	28
3.6	Perancangan Optimasi Biaya	31
3.7	Pengujian Sistem.....	33
4.7.1	Pengujian Perangkat Lunak	33
4.7.2	Pengujian keseluruhan Sistem	33
3.8	Pengambilan Keputusan Dan Saran.....	33
BAB V METODE PENELITIAN		35
5.1	Logika Fuzzy Inference System Takagi-Sugeno	35
5.2	Fuzzifikasi.....	36
5.2.1	Divisi Umum.....	36
5.2.2	Divisi Drainase.....	38
5.2.3	Divisi Pekerjaan Tanah.....	40
5.2.4	Divisi Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan	45
5.2.5	Divisi Berbutir dan Perkerasan Beton Semen.....	46
5.2.6	Divisi Perkerasan Aspal.....	48
5.2.7	Struktur	54
5.2.8	Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor.....	56
5.2.9	Pekerjaan Pemeliharaan Rutin	57
5.3	Rule Base System	60
5.3.1	Divisi Umum.....	60
5.3.2	Divisi Drainase	60
5.3.3	Divisi Pekerjaan Tanah.....	61

5.3.4 Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan.....	61
5.3.5 Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen.....	62
5.3.6 Perkerasan Aspal.....	62
5.3.7 Struktur	63
5.3.8 Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor.....	63
5.4 Defuzzifikasi	64
5.5 Studi Kasus	65
5.5.1 Fuzzifikasi.....	67
5.5.2 Rule Base	69
5.5.3 Perhitungan Defuzzifikasi.....	87
5.5.4 Hasil Perhitungan.....	89
5.5.5 Hasil Fuzzifikasi	90
BAB VI Kesimpulan dan Saran.....	92
6.1 Kesimpulan	92
6.2. Saran	92

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

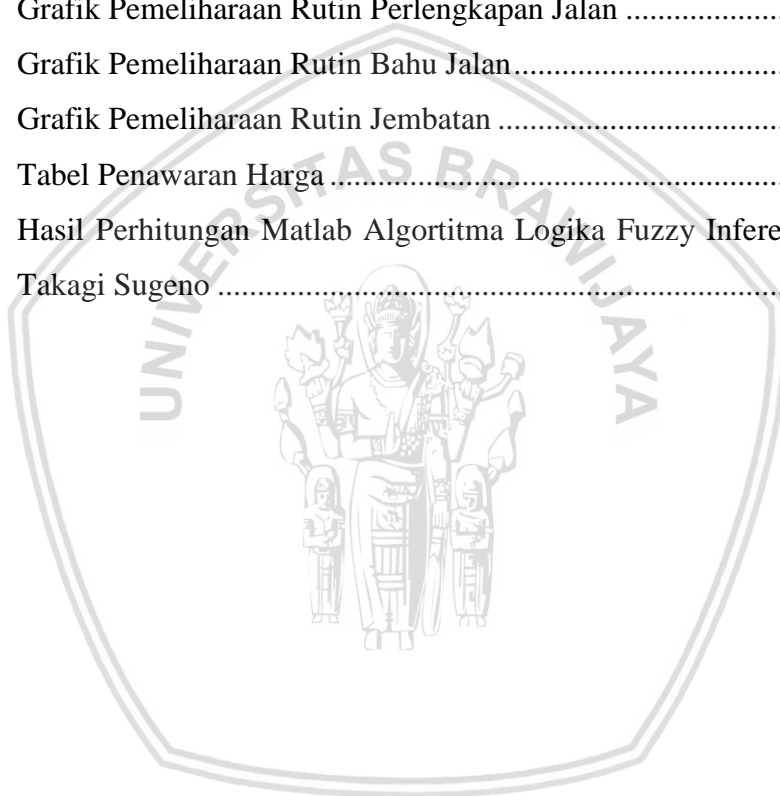
	Halaman
Tabel 2.1 Teknik Pengambilan Keputusan	20
Tabel 5.1 Rule base Divisi Umum	69
Tabel 5.2 Rule Base Divisi Drainase	70
Tabel 5.3 Rule Base Pekerjaan Tanah	71
Tabel 5.4 Rule Base Perkerasan Aspal	74
Tabel 5.5 Rule Base Divisi Struktur	83
Tabel 5.6 Rule Base Divisi Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor.....	84
Tabel 5.7 Hasil perhitungan	89



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Susunan Lapis Perkerasan Lentur Konvensional.....	8
Gambar 2.2 Susunan Lapis Perkerasan Lentur non Konvensional.....	9
Gambar 2.3 Susunan Lapis Perkerasan Lentur dengan Campuran Khusus.....	10
Gambar 2.4 Representasi Linear Naik	15
Gambar 2.5 Representasi Linear Turun	15
Gambar 2.6 Representasi Kurva Segitiga	16
Gambar 2.7 Representasi Kurva Trapesium	16
Gambar 2.8 Representasi Kurva Bentuk Bahu	17
Gambar 2.9 Himpunan <i>Fuzzy</i> dengan Kurva – S :PERTUMBUHAN	18
Gambar 2.10 Himpunan <i>Fuzzy</i> dengan Kurva – S : PENYUSUTAN.....	18
Gambar 2.11 Himpunan <i>Fuzzy</i> : DEKAT DENGAN	19
Gambar 3.1 Diagram Alur	22
Gambar 4.1 Diagram Blok Algoritma	25
Gambar 4.2 Diagram Blok Sistem Optimasi	26
Gambar 4.3 Flowchat Perhitungan Teknik Optimasi	28
Gambar 4.4 Diagram Alir metode penelitian.....	30
Gambar 4.5 Diagram Alir Program Kontrol Logika <i>Fuzzy</i>	31
Gambar 4.6 Bagan Rencana Anggaran Biaya	32
Gambar 4.7 Flowchart Optimasi Biaya	36
Gambar 5.1 Grafik Himpunan Mobilisasi	37
Gambar 5.2 Grafik Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	37
Gambar 5.3 Grafik Pengamanan Lingkungan Hidup	37
Gambar 5.4 Grafik Manajemen Mutu.....	38
Gambar 5.5 Grafik Selokan Drainase dan Saluran air.....	38
Gambar 5.6 Grafik Pasangan Batu dengan Mortar.....	39
Gambar 5.7 Grafik Galian Biasa.....	41
Gambar 5.8 Grafik Galian Batu	42
Gambar 5.9 Grafik Timbunan Biasa.....	43
Gambar 5.10 Grafik Penyiapan Badan Jalan	44
Gambar 5.11 Grafik Lapis Agregat Kelas S	45
Gambar 5.12 Grafik Pondasi Beton Semen	47

Gambar 5.13	Grafik Lapis Pengikat	48
Gambar 5.14	Grafik Lapis Perekat	50
Gambar 5.15	Grafik Laston Lapis Aus	50
Gambar 5.16	Grafik Laston Lapis Antara	51
Gambar 5.17	Grafik Bahan Anti Pengelupasan	53
Gambar 5.18	Grafik Pasangan Batu	54
Gambar 5.19	Grafik Bronjong dengan Kawat yang dilapisi Galvanis	55
Gambar 5.20	Grafik Marka Jalan Termoplastik	56
Gambar 5.21	Grafik Pemeliharaan Rutin Selokan, Saluran air, Galian, Dan timbunan...	58
Gambar 5.22	Grafik Pemeliharaan Rutin Perlengkapan Jalan	58
Gambar 5.23	Grafik Pemeliharaan Rutin Bahu Jalan	59
Gambar 5.24	Grafik Pemeliharaan Rutin Jembatan	59
Gambar 5.25	Tabel Penawaran Harga	65
Gambar 5.26	Hasil Perhitungan Matlab Algoritma Logika Fuzzy Inference System Takagi Sugeno	90



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan nasional memerlukan infrastruktur sebagai salah satu roda penggerak pertumbuhan ekonomi. Salah satu bagian utama dari pembangunan infrastruktur ini adalah pembangunan jalan raya. Sebagai penghubung antar setiap desa, kelurahan, kecamatan, bahkan penghubung antar setiap kabupaten kota yang berada di provinsi Kalimantan Utara. Hal ini sejalan dengan nawacita Presiden Joko Widodo yaitu membangun dari pinggiran, dari desa-desa menuju Indonesia sejahtera.

Pembangunan jalan raya memerlukan banyak faktor yang perlu dipertimbangkan sebelum proses pembangunan dimulai, seperti faktor bahan, peralatan, tenaga kerja, waktu, dan biaya. Pada prakteknya, dibutuhkan perhitungan yang akurat dalam menentukan jumlah yang dibutuhkan dari masing-masing faktor, karena sedikit kekeliruan saja bisa menyebabkan kerugian yang besar dipihak kontraktor yang berdampak pada rendahnya kualitas jalan raya.

Kontraktor saat ini telah menempuh berbagai cara untuk menghitung estimasi kebutuhan dari masing-masing faktor, seperti menggunakan cara manual dengan kertas dan pensil, menggunakan metode statistik, hingga menggunakan komputer dalam proses perhitungannya. Mengingat tingginya resiko yang akan didapat apabila terjadi kesalahan dalam perhitungan, maka dibutuhkan suatu aplikasi khusus yang memungkinkan kontraktor untuk mengetahui dengan cepat dan tepat jumlah kebutuhan berdasarkan material, peralatan, tenaga kerja, waktu, dan biaya yang akan dikeluarkan untuk setiap kilometer jalan raya yang akan dibangun.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang berhubungan dengan analisis kebutuhan material, peralatan, dan manajemen pembangunan jalan raya, seperti .Pada penelitian ini bertujuan untuk menggunakan logika *fuzzy* terkomputerisasi untuk sistem estimasi biaya yang dibutuhkan oleh kontraktor dalam pembuatan suatu bangunan. Thipparat dan Thaseepetch (2012), menggunakan Sugeno ANFIS untuk mengevaluasi ketahanan konstruksi dari proyek perancangan jalan raya di Thailand. Chen, Flintsch, dan Al-Qadi (2004) Melakukan evaluasi atas kemungkinan pengembangan alat *life-cycle cost analysis* (LCCA) yang berbasis komputer. LCCA merupakan alas analisis ekonomik yang digunakan untuk membantu pengambilan

keputusan pada pengelolaan trotoar dan asetnya. Karena seringkali LCCA berdasarkan pada informasi yang tidak pasti, ambigu, subyektif, dan terkadang tidak lengkap, maka diperlukan teknik *soft computing*. Pendekatan formal untuk informasi tersebut dilakukan menggunakan logika *fuzzy*. Knight (2001) menampilkan suatu model yang menggunakan teknik logika *fuzzy* untuk memprediksi kelebihan maupun kekurangan biaya pada proyek desain bangunan komersial, dengan memberikan karakteristik dari proyek dan kemungkinan kerugian yang terjadi. Penelitian ini menggambarkan kegunaan logika *fuzzy* pada pemodelan masalah yang kompleks yang sangat bergantung pada pendapat yang berpengalaman dan subjektif. Dan Sodikov (2005) Berfokus pada pengembangan teknik estimasi biaya proyek jalan raya yang lebih akurat di negara berkembang pada fase konseptual menggunakan *artificial neural network*.

Berdasarkan penelitian diatas hampir semuanya mengaplikasikan ilmu kecerdasan buatan atau lebih dikenal dengan *artificial intelligence* (AI), selanjutnya disebut AI, adalah ilmu yang banyak digunakan sebagai sistem kendali yang cerdas dalam mengambil keputusan serta mengoptimasi suatu sistem. Dalam ilmu AI banyak sekali teori yang diperkenalkan yaitu teori tentang jaringan saraf tiruan (*artificial nueral network* - ANN) untuk selanjutnya disebut sebagai ANN. Teori ini menjelaskan bahwa setiap neuron dapat dipostulasikan dalam dua keadaan biner, yaitu ON dan OFF. Dari percobaan, telah didemonstrasikan bahwa model jaringan syaraf yang ajukan mempunyai kemiripan dengan mesin Turing, dan setiap fungsi perhitungan dapat diselesaikan melalui jaringan neuron yang modelkan.

Metoda AI lain yang juga berkembang adalah algoritma genetic (genetic algorithm, GA), untuk selanjutnya disebut GA. Dalam pemrograman komputer, aplikasi GA ini dikenal sebagai pemrograman berbasis teori evolusi yang paling baik dalam komputasi untuk menghitung optimasi baik dalam meminimize dan memaximize nilai. Konsep *Evolutionary computation* (EC) ini dipublikasikan pertama kali oleh Holland (1975). Holland (1975) mengajukan konsep pemrograman berbasis GA yang diilhami oleh teori Darwin. Intinya alam (*nature*), seperti manusia, memiliki kemampuan adaptasi dan pembelajaran alami “tanpa perlu dinyatakan : apa yang harus dilakukan. Dengan kata lain, alam memilih “kromosom yang baik secara buta atau alami. Seperti pada ANN, kajian GA juga pernah mengalami masa vakum sebelum akhirnya banyak peneliti memfokuskan kembali perhatiannya pada teori EC.

Berdasarkan berbagai macam ilmu AI yang dijelaskan, dipilih teori Logika

fuzzy sebagai metode dalam penelitian ini sebagai pengambilan keputusan. Metode *FuzzyLogic* (FL) - untuk selanjutnya ditulis FL. Jika ANN didisain berdasarkan kajian cara otak biologis manusia bekerja (dari dalam), maka FL justru merupakan representasi cara berfikir manusia yang nampak dari sisi luar. Jika ANN dibuat berdasarkan model biologis teoritis, maka FL dibuat berdasarkan model pragmatis praktis. FL adalah representasi logika berpikir manusia yang tertuang dalam bentuk kata-kata. Kajian saintifik pertama tentang logika berfikir manusia ini dipublikasikan oleh Lukazewics, seorang filsuf, sekitar tahun 1930-an. Lukazewics mengajukan beberapa representasi matematika tentang “kekaburan” (*fuzziness*) logika ketika manusia mengungkapkan atau menyatakan penilaian terhadap tinggi, tua dan panas (*tall, old & hot*). Jika logika klasik hanya menyatakan 1 atau 0, ya atau tidak, maka Lukazewics mencoba mengembangkan pernyataan ini dengan menambah faktor kepercayaan (*truth value*) diantara 0 dan 1.

Zadeh (1965) seorang profesor di University of California, Berkeley US, mempublikasikan papernya yang terkenal, “*Fuzzy Sets*”. Penelitian-penelitian tentang FL dan *Fuzzy system* dalam AI yang berkembang sebagai basis pijakannya. Zadeh (1965) mampu menjabarkan FL dengan pernyataan matematik dan visual yang relatif mudah untuk dipahami. Karena basis kajian FL ini kental berkaitan dengan sistem kontrol (Zadeh adalah profesor dibidang teknik elektro) maka pernyataan matematiknya banyak dikembangkan dalam konteks pemrograman komputer. Pemilihan FL dan GA adalah merupakan gabungan dimana perhitungan logika *fuzzy* digunakan sebagai pengambil keputusan yang akurat dan dibantu dengan algoritma genetika sebagai penekan biaya atau menghitung optimasi yang dapat dilakukan agar biaya dapat akurat.

Metode FL yang digunakan akan lebih rinci dibahas pada *Fuzzy inference system* (Selanjutnya akan disingkat FIS), yang terdiri dari metode Tsukamoto, Metode Mamdani, Metode Takagi-Sugeno. Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen direpresen- tasikan dengan himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan monoton. Output hasil inferensi masing-masing aturan adalah z , berupa himpunan biasa (*crisp*) yang ditetapkan berdasarkan μ -predikatnya (derajat keanggotaan). Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobotnya. sedangkan pada metode Sugeno mirip dengan metode Mamdani, hanya output (konsekuen) tidak berupa himpunan *fuzzy*, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier. Sedangkan, metode Mamdani, aplikasi fungsi implikasi menggunakan MIN, sedang komposisi

aturan menggunakan metode MAX. Metode Mamdani dikenal juga dengan metode MAX-MIN. Inferensi output yang dihasilkan berupa bilangan *fuzzy* maka harus ditentukan suatu nilai crisp tertentu sebagai output (konsekuen).

Pada penelitian ini dipilih FIS metode Takagi-Sugeno. Inferensi *fuzzy* dengan menggunakan metode ini digunakan karena komputasinya lebih efisien, bekerja paling baik untuk teknik-teknik linear, bekerja paling baik untuk optimasi dan adaptif, dan menjamin kontinuitas hasil, (Kusumadewi, Sri, 2004: 34). Perencanaan anggaran biaya oleh FL akan diharapkan dapat lebih akurat, dengan melakukan proses optimasi pada perhitungan parameter yang ada. Optimasi secara umum adalah untuk memaksimalkan atau mengoptimalkan sesuatu hal yang bertujuan untuk mengelola sesuatu yang dikerjakan.

Pada penelitian ini, akan dikembangkan sebuah aplikasi yang bertujuan untuk membantu pengguna atau *user* dalam menganalisis dan meramalkan kebutuhan apa saja dan berapa banyak yang diperlukan dalam membuat suatu konstruksi jalan raya. Maka, perlu dirancang suatu sistem yang mampu menganalisis masukan dan menganalisis serta meramalkan berapa jumlah kebutuhan baik dalam biaya, sumber daya manusia serta kebutuhan bahan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana optimasi perkiraan biaya pekerjaan jalan dengan metode logika Fuzzy Inference System Takagi Sugeno.
2. Bagaimana perbandingan perkiraan biaya pekerjaan antara perhitungan biaya menggunakan metode Logika *Fuzzy* dan perhitungan biaya dengan menggunakan perhitungan manual.
3. Berapa efisiensi perkiraan biaya pekerjaan dengan metode logika Fuzzy Inference System Takagi Sugeno.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka pada penelitian ini dibuat batasan masalah agar lebih terfokus yaitu:

1. Aplikasi dibuat hanya untuk konstruksi jalan raya aspal.
2. Pada algoritma logika *fuzzy*, FIS yang dipilih adalah Takagi-Sugeno.
3. Hasil penelitian berdasarkan analisis dari data pembuatan jalan raya yang telah

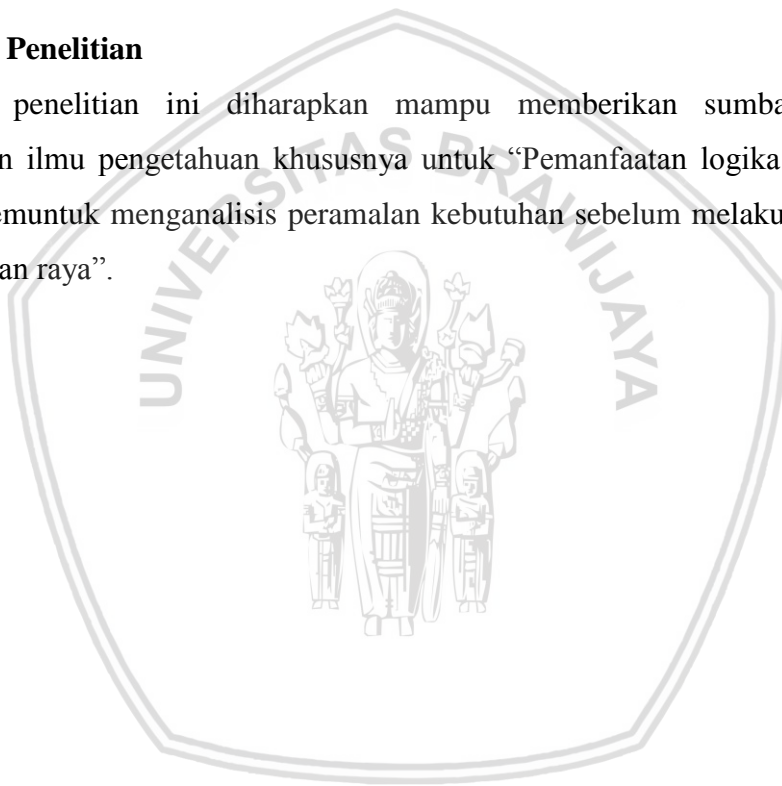
terlaksana dan berhasil.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menentukan hasil optimasi perkiraan biaya pekerjaan jalan dengan metode logika Fuzzy Inference System Takagi Sugeno
2. Menentukan hasil perbandingan perkiraan biaya pekerjaan antara perhitungan biaya menggunakan metode Logika *Fuzzy* dan perhitungan biaya dengan menggunakan perhitungan manual.
3. Menentukan hasil yang paling efisien pada perkiraan biaya pekerjaan dengan metode logika Fuzzy Inference System Takagi Sugeno

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan sumbangan bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya untuk “Pemanfaatan logika *fuzzy* pada berbagai sistem untuk menganalisis peramalan kebutuhan sebelum melakukan sebuah konstruksi jalan raya”.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Logika *fuzzy* merupakan alternatif pengambil keputusan sebagai sistem kendali modern yang mudah, karena tidak perlu dicari model matematis dari suatu system. Logika *fuzzy* memiliki respon sistem yang stabil karena pendekatan sistem merupakan pendekatan yang mendekati sistem pengambilan keputusan manusia. Penggunaan perhitungan logika *fuzzy* sebagai pengambil keputusan dalam menentukan berapa jumlah kebutuhan dalam sebuah konstruksi jalan raya.

2.1. Jalan Raya

Jalan raya merupakan jalan utama yang menghubungkan suatu kawasan dengan kawasan lainnya yang meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas baik yang berada di permukaan tanah maupun di bawah permukaan tanah. Jalan raya ini biasanya memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Dipergunakan untuk kendaraan bermotor
2. Dipergunakan oleh masyarakat umum
3. Dibiayai oleh negara
4. Penggunaannya diatur oleh undang-undang

Pada dasarnya pembangunan jalan raya merupakan proses pembukaan ruang lalu lintas dengan mengatasi berbagai masalah geografis. Proses ini berkaitan dengan penggalian dan pengurukan, seperti menimbun lembah atau menggali bukit untuk keperluan pembangunan jalan raya.

Perencanaan pembangunan jalan raya yang baik, bentuk geometriknya harus ditetapkan sedemikian rupa agar jalan raya tersebut dapat memberikan pelayanan yang optimal bagi penggunaannya sesuai dengan fungsi dasarnya. Terdapat beberapa teori dan penjelasan yang dapat mempermudah dalam melakukan perencanaan pembangunan jalan raya. Terdiri dari:

- Karakteristik konstruksi jalan
- Logika Fuzzi
- Teknik Optimasi
- Matlab

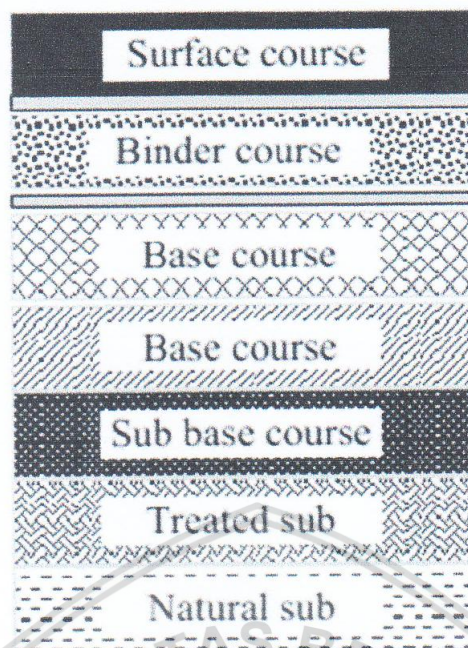
2.2 Karakteristik konstruksi jalan

Konstruksi yang akan digunakan dalam perencanaan pembangunan jalan raya ini adalah menggunakan konstruksi jalan aspal. Aspal merupakan salah satu jenis material yang sering digunakan dalam perkerasan jalan raya, karena memiliki ikatan yang kuat dengan agregat dan keras dalam suhu yang tidak menentu, selain itu juga memiliki tekstur yang lunak/cair pada suhu tinggi, sehingga mudah membalut agregat dan mengisi rongga-rongga diantara agregat.

Konstruksi jalan aspal atau disebut juga perkerasan fleksibel (*flexible pavement*) merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat pada tapisan permukaan atau lapisan pondasi atas atau ATB (*asphalt treated base*). Nilai modulus elastisitas untuk konstruksi aspal umumnya sekitar 4.000 Mpa, suatu angka yang cukup kecil yang menyebabkan konstruksi aspal bersifat cukup lentur.

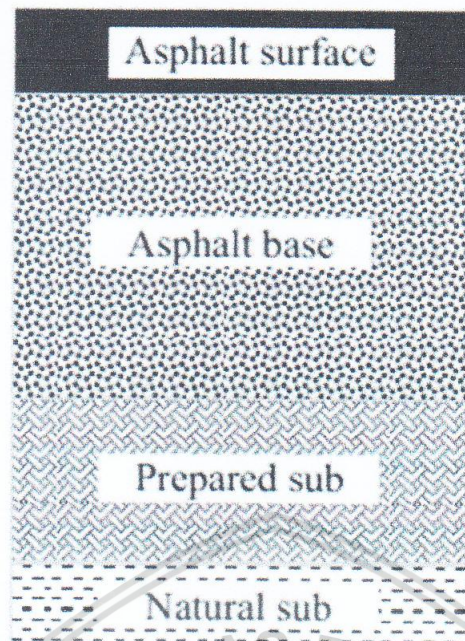
Konstruksi aspal yang dikenal dan sudah umum digunakan sampai saat ini diantaranya adalah:

1. Perkerasan lentur konvensional (*conventional flexible pavement*) yang terdiri dari lapisan dasar, lapisan pondasi atas dan lapisan permukaan. Perkerasan lentur konvensional ditandai dengan susunan material pada tiap lapisannya berbeda kualitasnya. Umumnya lapisan paling atas memiliki material yang berkualitas tinggi, sementara lapisan bawah memiliki kualitas material yang lebih rendah. Susunan lapisan pada konstruksi lentur konvensional umumnya terdiri dari lapisan penutup (*seal coat*), lapisan permukaan (*surface course*), lapisan pelekats (*tack coat*), lapisan pengikat (*binder course*), lapisan utama (*prime coat*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*sub base course*), lapisan tanah dipadatkan (*compacted sub grade*), dan lapisan tanah asli (*natural sub grade*).



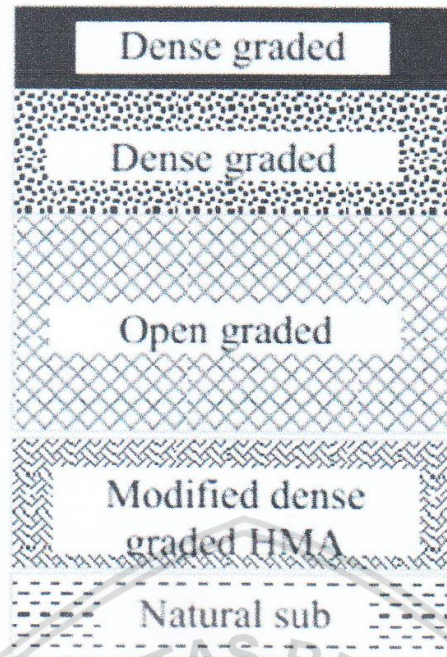
Gambar 2.1 Susunan Lapis Perkerasan Lentur Konvensional

2. Perkerasan lentur non konvensional (*full-depth asphalt pavement*) Lapisan tentur non konvensional merupakan konstruksi aspal dimana lapisan campuran aspal langsung diletakan diatas tanah dasar atau tanah dasar yang sudah dilakukan pemadatan (*treated sub grade*). Cara ini dikenal lebih hemat dan mudah, karena tidak membutuhkan lapisan yang kompfeks. Umumnya lapisan campuran aspal menggunakan campuran aspal panas dan bergradasi rapat (*dense gradedHMA*). Menurut *The Asphalt Institute* (1987), lapisan aspal non konvensional memiliki keuntungan-keuntungan sebagai berikut:
 - a. Tidak memiliki lapisan-lapisan *granular* yang dapat ditembus oleh air, sehingga performansi konstruksi terjaga.
 - b. Waktu konstruksi yang lebih singkat
 - c. Pada ketebatan diatas 10 cm, umur ekonomis konstruksi dapat diperpanjang
 - d. Menjamin adanya keseragaman lapisan
 - e. Tidak mudah dipengaruhi oleh kelembaban atau embun



Gambar 2.2. Susunan Lapis Perkerasan Lentur non Konvensional

3. Selain itu baru-baru ini juga dikenal dengan konstruksi lentur aspal dengan campuran batu khusus (*contained rock asphalt mat*) atau CRAM. CRAM ini belum banyak dikenal digunakan karena masih sedang dalam tahap penelitian dan pengujian di laboratorium (Huang, Y. H, 1993). Konstruksi CRAM umumnya terdiri atas lapisan permukaan dengan material hotmix bergradasi rapat (*Dense graded HMA*), lapisan pondasi atas dari agregat bergradasi rapat (*dense graded aggregate*), lapisan pondasi bawah dari agregat bergradasi renggang (*open-graded aggregate*) dan lapisan dasar dari hotmix bergradasi rapat yang dimodifikasi (*modified dense graded HMA*).



Gambar 2.3 Susunan Lapis Perkerasan Lentur dengan Campuran Khusus

Perkerasan lentur ini memiliki beberapa kelebihan yaitu:

1. Waktu konstruksi yang relatif singkat.
2. Tidak memiliki lapisan granular yang dapat ditembus oleh air sehingga kualitas dapat terjaga.
3. Dapat mengalirkan air yang tergenang.
4. Memiliki gaya gesek yang tidak terlalu besar.
5. Lentur (flexibel).
6. Baik untuk kondisi lalu lintas yang lancar.
7. Biaya konstruksi yang relatif murah dibanding dengan perkerasan kaku (beton).
8. Tingkat ketahanan terhadap pelapukan rendah, baik yang diakibatkan oleh air maupun cuaca.

Kekurangan yang dimiliki oleh perkerasan lentur ini yaitu:

1. Tidak tahan terhadap beban diam.
2. Pemeliharaan yang dilakukan secara rutin dan berkala menyebabkan biaya investasinya lebih mahal.
3. Lemah terhadap air.
4. Tingkat pemeliharaan yang relatif sering selama umur ekonomis konstruksi (rata-rata kurang dari 5 tahun sekali).

2.3 Rancangan Anggaran Biaya

Penentuan besarnya biaya yang diperlukan terlebih dahulu harus diketahui volume dari pekerjaan yang direncanakan. Pada umumnya pembuat jalan tidak lepas dari masalah galian dan timbunan. Besarnya galian dan timbunan yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar *long profile*. Sedangkan volume galian dapat dilihat melalui gambar *Cross Section*. Selain mencari volume galian dan timbunan juga diperlukan untuk mencari volume dari pekerjaan lainnya yaitu:

2.3.1 Volume Pekerjaan

- a) Pekerjaan persiapan yaitu peninjauan lokasi, pengukuran dan pemasangan patok, pembersihan lokasi dan persiapan alat dan bahan untuk pekerjaan dan pembuatan *bouwplank*.
- b) Pekerjaan tanah termasuk galian tanah, timbunan tanah.
- c) Pekerjaan perkerasan yaitu lapis permukaan (*surface course*), lapis pondasi atas (*base course*), lapis pondasi bawah (*sub base course*), lapis tanah dasar (*sub grade*).
- d) Pekerjaan drainase yaitu galian saluran, pembuatan talud.
- e) Pekerjaan pelengkap yaitu pemasangan rambu-rambu, pengecatan marka jalan, penerangan.

2.3.2 Analisis Harga Satuan

Analisis harga satuan diambil dari harga satuan tahun 2006 untuk penghitungan Rencana Anggaran Biaya digunakan analisa K.

2.3.3 Kurva S

Setelah menghitung Rencana Anggaran Biaya dapat dibuat *time schedule* dengan menggunakan Kurva S.

2.4 Logika Fuzzy

Fuzzy logic mempunyai fungsi untuk “meniru” kecerdasan yang dimiliki manusia untuk melakukan sesuatu dan mengimplementasikannya ke suatu perangkat, misalnya robot, kendaraan, peralatan rumah tangga, dan lain-lain. Sudah menjadi sifatnya yang kuat selama tidak membutuhkan ketepatan, input yang bebas derau, dan dapat diprogram untuk gagal dengan aman jika sensor arus balik dimatikan atau rusak. Control output adalah fungsi control halus meskipun jarak variasi input yang cukup besar.

2.4.1 Pengertian Logika Fuzzy

Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar-samar. Suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Dalam *fuzzy* dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) sampai 1 (satu). Berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai 1 dan 0 (ya dan tidak).

Logika *fuzzy* merupakan suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar atau salah. Dalam teori logika *fuzzy* suatu nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Namun berapa besar kebenaran dan kesalahan suatu tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 sampai 1. Logika *fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Tidak seperti logika klasik, suatu nilai hanya mempunyai dua kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan atau tidak.

Nilai keanggotaan himpunan *fuzzy* terletak pada rentang 0 sampai 1. Apabila x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu_A(x) = 0$ berarti x tidak menjadi anggota himpunan A , demikian pula apabila x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu_A(x) = 1$ berarti x menjadi anggota penuh pada himpunan A .

Terkadang kemiripan antara keanggotaan *fuzzy* dengan probabilitas menimbulkan kerancuan. Keduanya memiliki nilai pada interval $[0, 1]$, namun interpretasi nilainya sangat berbeda antara kedua kasus tersebut. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu :

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami.
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel.

2.4.2 Perkembangan Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Pada teori himpunan *fuzzy*, peranan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan sangatlah penting. Nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* menjadi ciri utama dari penalaran

dengan logika *fuzzy* tersebut. Dalam banyak hal, logika *fuzzy* digunakan sebagai suatu cara untuk memecahkan permasalahan dari *input* menuju ke *output* yang diharapkan.

Beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika *fuzzy* antara lain :

- a. Konsep logika *fuzzy* mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* sangat sederhana dan mudah dimengerti.
- b. Logika *fuzzy* sangat fleksibel.
- c. Logika *fuzzy* memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
- d. Logika *fuzzy* mampu memodelkan fungsi-fungsi non linier yang sangat kompleks.
- e. Logika *fuzzy* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
- f. Logika *fuzzy* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
- g. Logika *fuzzy* didasarkan pada bahasa alami.

2.4.3 Inferensi Fuzzy

Salah satu metode inferensi *fuzzy* yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang terkait dengan lalu-lintas adalah metode Mamdani. Metode mamdani digunakan atas dasar perbandingan dari metode tsukamoto, metode sugeno, dan metode mamdani.

Metode Tsukamoto merupakan perluasan dari penalaran monoton. Pada metode Tsukamoto setiap konsekuensi pada aturan yang berbentuk *IF-Then* harus direpresentasikan dengan himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, *output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot.

Metode Sugeno sama dengan metode mamdani, hanya *output* (konsekuensi) tidak berupa himpunan *fuzzy*, tetapi berupa konstanta atau persamaan linear. Pada metode Mamdani, aplikasi fungsi implikasi menggunakan Min, sedangkan komposisi aturan menggunakan metode Max. Metode mamdani dikenal juga dengan metode Max-Min. Inferensi *output* yang dihasilkan berupa bilangan *fuzzy* maka harus ditentukan suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*.

Metode mamdani diperkenalkan oleh Embrahim Mamdani pada tahun 1975. Proses untuk mendapatkan *output* dilakukan dalam empat tahap, yaitu:

a. Pembentukan himpunan *fuzzy*

Pembentukan himpunan *fuzzy* pada metode mamdani, baik variabel *input* atau variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

b. Aplikasi fungsi implikasi

Fungsi implikasi yang digunakan pada metode Mamdani, adalah Min.

c. Komposisi aturan

Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Terdapat tiga jenis metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu : max, additive, dan probabilitas OR (probor).

d. Penegasan (*defuzzy*)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai *output*. Pada penulisan tugas akhir ini metode defuzzifikasi yang digunakan pada komposisi aturan mamdani adalah *Centroid* (*Composite Moment*). Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan mengambil titik pusat (*z*) daerah *fuzzy*.

$$z = \frac{\int_z z \mu(z) dz}{\int_z \mu(z) dz}$$

(Kusumadewi dan Purnomo, 2010 : 37 - 41)

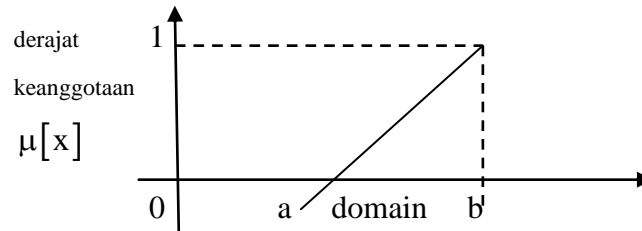
2.4.4 Fungsi keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan :

a. Representasi Linear

Pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk representasi linear paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 keadaan himpunan *fuzzy* yang linear. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat

keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.

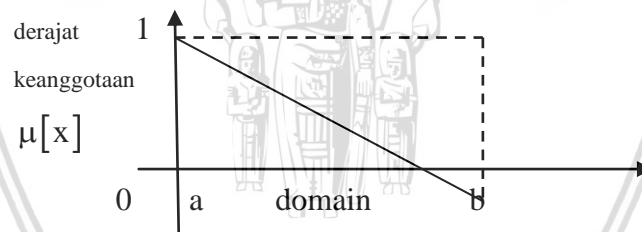


Gambar 2.4 Representasi Linear Naik

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

Kedua, merupakan kebalikan dari yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Seperti terlihat pada gambar berikut :



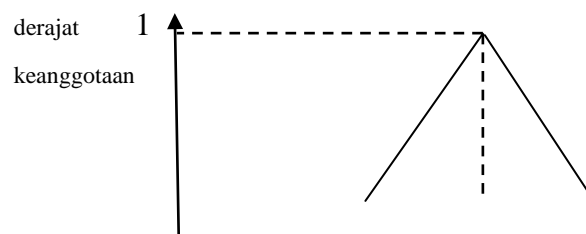
Gambar 2.5 Representasi Linear Turun

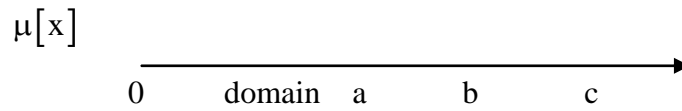
Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} (b - x) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq a \end{cases}$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear). Seperti terlihat pada gambar berikut :





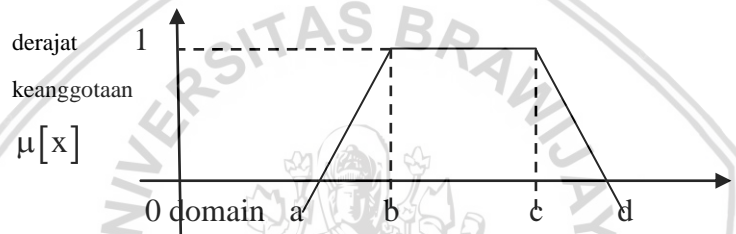
Gambar 2.6 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ (b - x) / (c - b); & b \leq x \leq c \end{cases}$$

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 (linear). Seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2.7 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan :

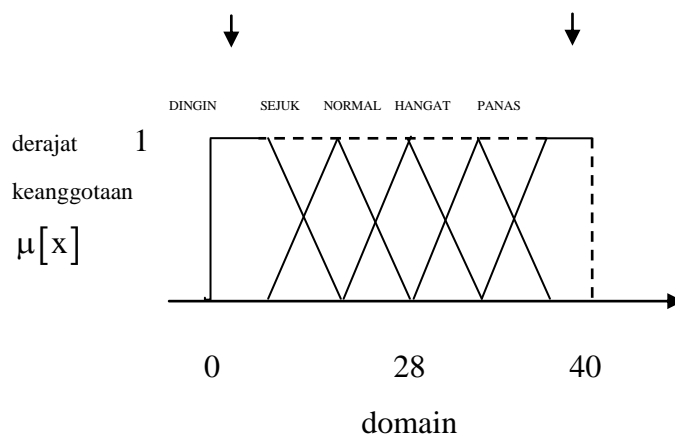
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ (x - a) / (b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ (d - x) / (d - c); & c \leq x \leq d \end{cases}$$

d. Representasi Kurva Bentuk Bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variabel yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun (misalkan: DINGIN bergerak ke SEJUK bergerak ke HANGAT dan bergerak ke PANAS). Tetapi terkadang salah satu sisi dan variabel tersebut tidak mengalami perubahan, seperti terlihat pada gambar berikut :

Bahu
Kiri

Bahu
Kanan



Gambar 2.8 Representasi Kurva Bentuk Bahu

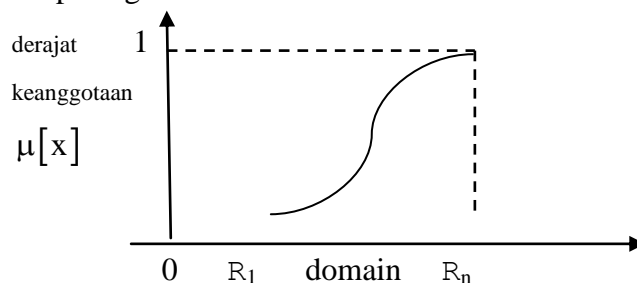
Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (b-x)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases}$$

e. Representasi Kurva - S

Kurva PERTUMBUHAN dan PENYUSUTAN merupakan kurva - S atau *sigmoid* yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tak linear. Kurva - S untuk PERTUMBUHAN akan bergerak dari sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) ke sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1). Fungsi keanggotaannya akan tertumpu pada 50% nilai keanggotaannya yang sering disebut dengan titik infleksi. Seperti terlihat pada gambar berikut :

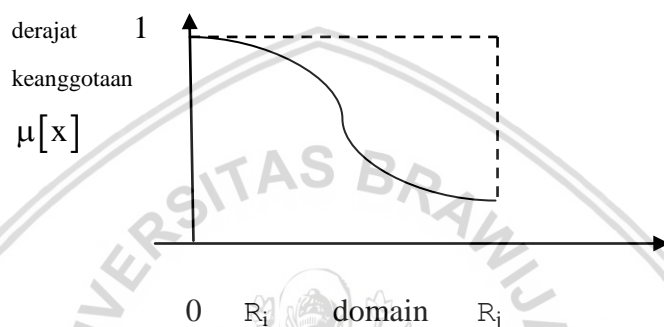


Gambar 2.9 Himpunan Fuzzy dengan Kurva - S :PERTUMBUHAN

Fungsi keanggotaan :

$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0; & x \leq \alpha \\ 2((x - \alpha) / (\gamma - \alpha))^2; & \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2((\gamma - x) / (\gamma - \alpha))^2; & \beta \leq x \leq \gamma \\ 1; & x \geq \gamma \end{cases}$$

Kurva – S untuk PENYUSUTAN akan bergerak dari sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1) ke sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0), seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2.10 Himpunan Fuzzy dengan Kurva – S : PENYUSUTAN

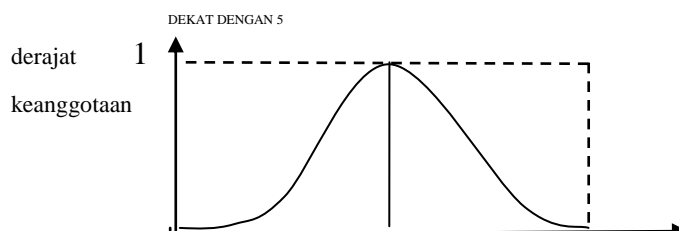
Fungsi keanggotaan :

$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 1; & x \leq \alpha \\ 1 - 2((x - \alpha) / (\gamma - \alpha))^2; & \alpha \leq x \leq \beta \\ 2((\gamma - x) / (\gamma - \alpha))^2; & \beta \leq x \leq \gamma \\ 0; & x \geq \gamma \end{cases}$$

f. Representasi Kurva Bentuk Lonceng (*Bell Curve*)

Kurva bentuk lonceng biasanya digunakan untuk merepresentasikan kurva bentuk fuzzy. Kurva berbentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas, yaitu : himpunan fuzzy PI, beta, dan gauss. Perbedaan ketiga kurva ini terletak pada gradiennya. Sebagai contoh, kurva DEKAT DENGAN akan menghasilkan fungsi keanggotaan :

X dekat dengan Y



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Gambar 2.11 Himpunan *Fuzzy* : DEKAT DENGAN

(Prabowodan Handayanto, 2009 : 39 - 53).

2.5 Teknik Optimasi

Teknik optimasi merupakan suatu cara yang dilakukan untuk memberikan hasil terbaik yang diinginkan. Teknik optimasi ini banyak memberikan manfaat dalam mengambil keputusan dan dapat diterapkan dalam berbagai bidang ilmu baik ilmu teknik, ekonomi, kepolisian, politik, sosial dan lain sebagainya. Bentuk contoh penerapan ini diantaranya adalah dalam ilmu disain konstruksi sipil atau mesin, pemeliharaan jaringan, system kendali dan pengoperasian mesin listrik, penyaluran daya listrik dan lain sebagainya yang membutuhkan pengambilan keputusan yang tepat agar diperoleh pengeluaran biaya minimum dengan pemanfaatan yang paling maksimal (optimal). Dilain pihak bisa juga untuk mendapatkan keuntungan maksimal dengan biaya dan kerja atau pembuatan alat yang semurah dan se-efisien mungkin (optimal).

Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan dalam memberikan hasil terbaik. Cara untuk memberikan hasil terbaik ini disebut sistem optimasi atau teknik optimasi. Sistem optimasi ini umumnya mengacu kepada teknik program matematika yang biasanya membahas atau mengacu kepada jalannya program penelusuran/ penelitian (*research programming*) tentang masalah yang sedang dihadapi. Teknik ini diharapkan dapat memberikan solusi yang terbaik dari hasil keputusan yang telah diambil dari permasalahan yang sedang dihadapi.

Teknik Optimasi digunakan untuk memberikan hasil terbaik dari hal yang terburuk atau hal yang terbaik, tergantung masalah yang dihadapi. Hasil Optimasi memungkinkan Hasil tertinggi (misalnya keuntungan) atau Hasil Terendah (misalnya kerugian). Optimasi Memerlukan strategi yang bagus dalam mengambil keputusan agar diperoleh hasil yang optimum. Beberapa teknik dalam pengambilan keputusan ditunjukkan dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Teknik Pengambilan Keputusan

Situasi Keputusan	Pemecahan	Teknik
Ada kepastian (<i>certainly</i>): Jika semua informasi yang diperlukan untuk membuat	Deterministik	<ul style="list-style-type: none"> - Linear Programming - Model Transportasi - Model Penugasan

Situasi Keputusan	Pemecahan	Teknik
keputusan diketahui secara sempurna dan tidak berubah.		<ul style="list-style-type: none"> - Model Inventori - Model Antrian - Model “<i>network</i>”
Ada resiko (<i>Risk</i>): Jika informasi sempurna tidak tersedia, tetapi seluruh peristiwa yang akan terjadi beserta probabilitasnya diketahui.	Probabilistik	<ul style="list-style-type: none"> - Model keputusan probabilistik - Model Inventori probabilistik. - Model Antrian probabilistik
Tidak ada kepastian (<i>uncertainty</i>): Jika seluruh informasi yang mungkin terjadi diketahui, tetapi tanpa mengetahui probabilitasnya masing-masing.	Tidak diketahui	Analisis keputusan dalam keadaan ketidakpastian.
Ada konflik (<i>Conflict</i>): Jika kepentingan dua/lebih pengambil keputusan berada dalam pertarungan aktif diantara kedua belah pihak.	Tergantung tindakan lawan	Teori permainan (<i>game theory</i>)

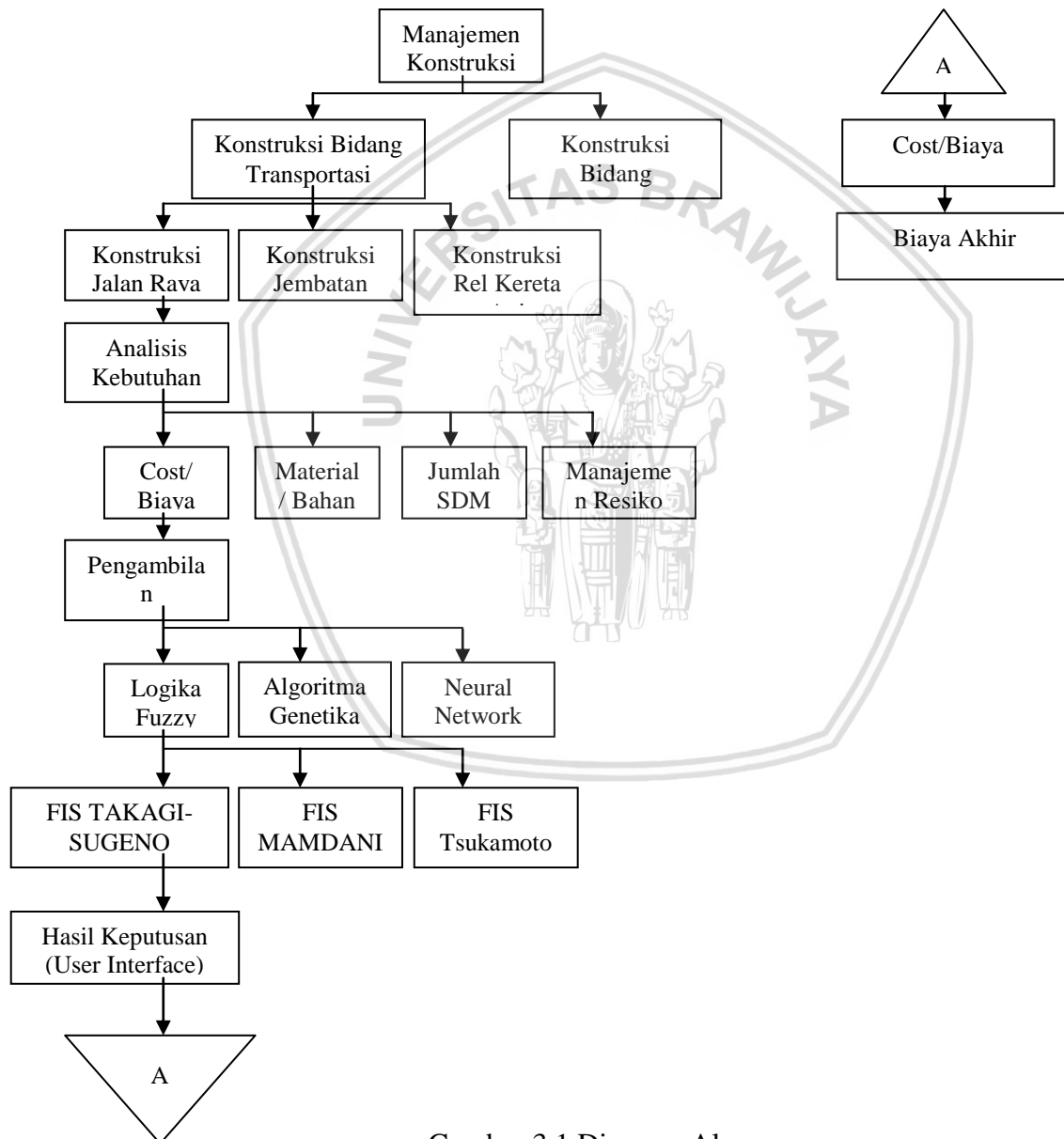
BAB III

KERANGKA KONSEP PENELITIAN

Pada BAB ini akan dijelaskan tentang kerangka konsep penelitian, hipotesis, konsep beserta variabel penelitian.

3.1 Kerangka Konsep Umum

Secara umum penelitian digambarkan dalam bentuk kerangka konsep berfikir, yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur

3.2 Hipotesis

Analisis logika *fuzzy* mampu memperhitungkan berapa anggaran yang harus dikeluarkan berdasarkan masukan parameter dalam melakukan konstruksi jalan raya, dan hasil estimasi biaya diharapkan dapat dihemat dengan analisis teknik optimasi.



BAB IV

METODE PENELITIAN

Untuk menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendahuluan maka diperlukan metode untuk menyelesaikan masalah tersebut. Metode yang digunakan dapat diuraikan sebagai berikut:

- Penentuan bahan dan alat
- Spesifikasi Sistem
- Perancangan Sistem
- Langkah penelitian
- Perancangan Software System
- Pengujian Sistem
- Pengambilan kesimpulan
- Jadwal Pelaksanaan Penelitian

4.1. Penentuan Bahan dan Alat

Bahan (komponen) dan alat yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Data Konstruksi pembangunan jalan raya

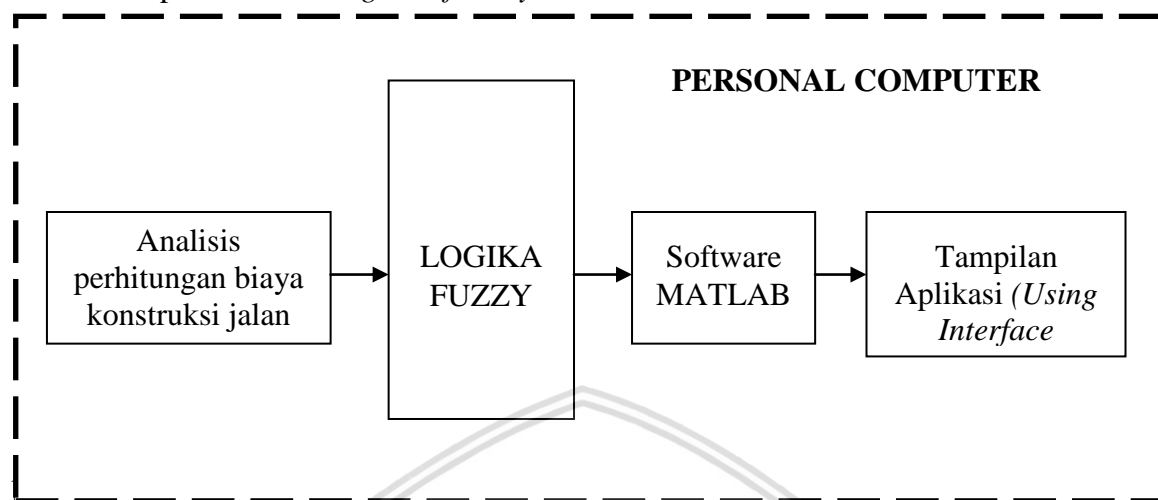
4.2. Spesifikasi Sistem

Sebelum melakukan perencanaan dan perealisasiian alat, maka ditentukan spesifikasi alat yang akan dirancang terlebih dahulu. Beberapa spesifikasi alat yang akan dirancang adalah sebagai berikut:

1. Sistem berupa software aplikasi pada *personal computer* yang dapat digunakan oleh pengguna siapapun dalam membantu merencanakan pembuatan jalan raya.
2. Algoritma logika *fuzzy* sebagai pengendali utama pengambilan keputusan akhir.
3. Analisis teknik optimasi sebagai penghitung analisis penghematan biaya.
4. Algoritma logika *fuzzy* dibuat dengan bantuan software.
5. Algoritma dengan analisis perhitungan teknik optimasi dibuat dengan bantuan software.
6. Satu buah *personal computer* sebagai bantuan untuk menjalankan aplikasi.

4.3. Perancangan Aplikasi Sistem

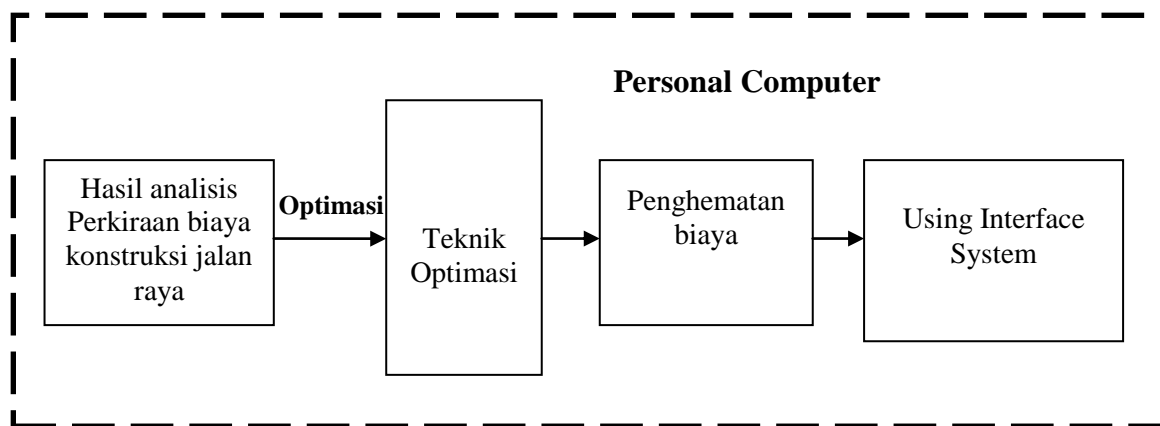
Pembuatan sistem terdiri dari pembuatan algoritma logika *fuzzy* pada software matlab dan pembuatan *using interface system*.



Gambar 4.1 Diagram Blok Algoritma

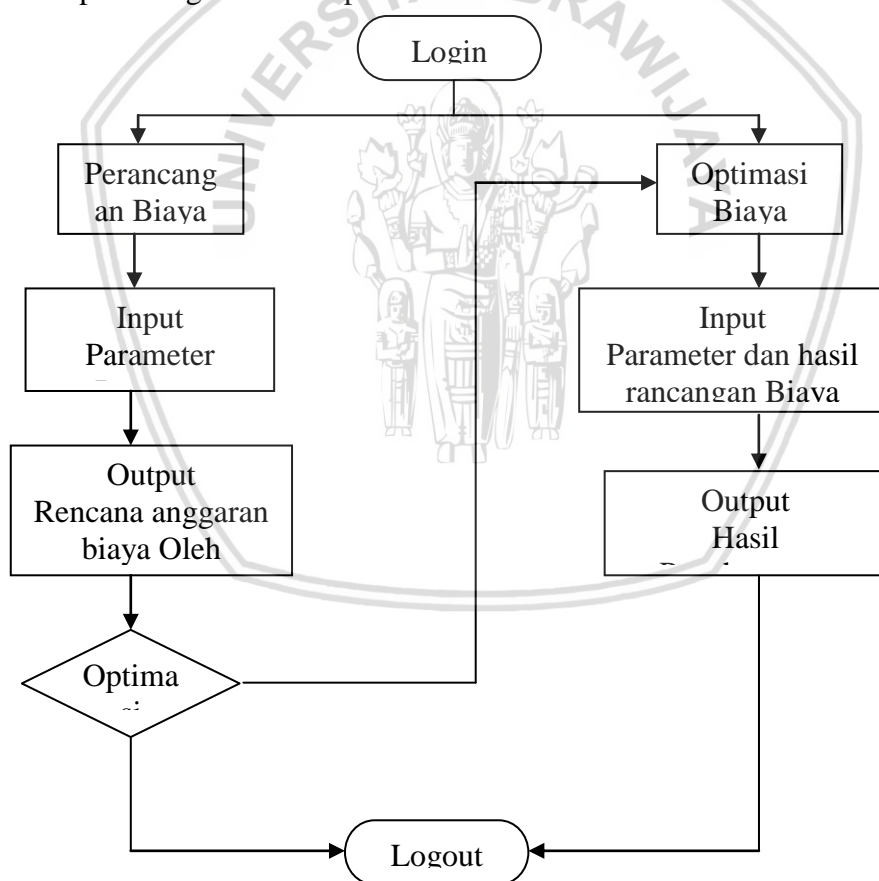
1. Logika *fuzzy* akan menganalisis data berdasarkan data masukan dari beberapa proyek yang telah berhasil mengkonstruksi jalan sebagai acuan untuk mengambil keputusan.
2. Hasil analisis logika *fuzzy* dikonversi ke dalam algoritma dengan menggunakan bantuan software aplikasi yang telah diinstal pada *personal computer*.
3. Perancangan using interface adalah sebagai tampilan utama dalam bentuk sederhana sehingga mudah digunakan oleh pengguna siapapun, dimana setiap toolbar pada tampilan telah ditanamkan program hasil analisis logika *fuzzy* pada software.
4. Semua pembuatan algoritma maupun tampilan aplikasi dilakukan dengan menggunakan *personal computer*.

Berikut adalah blok diagram sistem optimasi, setelah logika *fuzzy* menentukan biaya rencana biaya konstruksi jalan raya, hasil biaya kemudian dijadikan masukkan pada pengendali teknik optimasi sebagai optimasi biaya atau meminimize biaya. Seperti ditunjukkan dalam Gambar dibawah ini.



Gambar 4.2 Diagram Blok Sistem Optimasi

Setelah merancang algoritma *fuzzy* dan algoritma teknik optimasi sebagai penekan anggaran biaya maka selanjutnya adalah perancangan *tampilan using interface system*. Berikut adalah rancangan tampilan *user system interface* sebagai tampilan akhir yang didalamnya telah ditanamkan perhitungan logika *fuzzy* dan optimasi oleh perhitungan teknik optimasi.



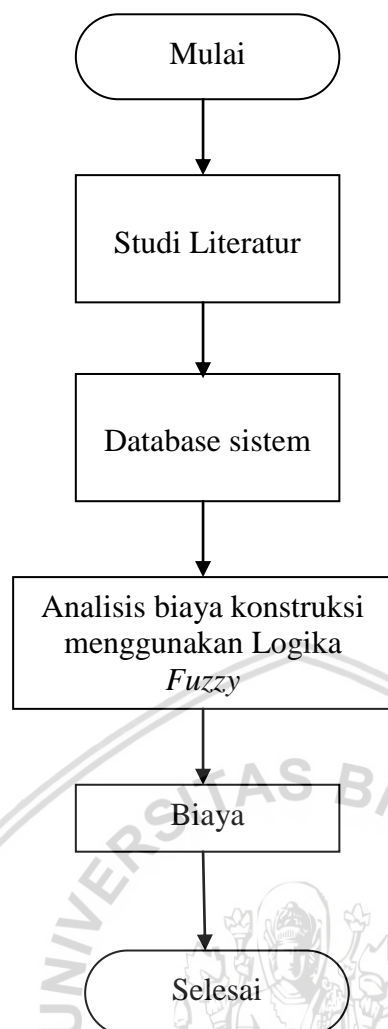
Gambar 4.3 Flowchat Perhitungan Teknik Optimasi

4.4. Langkah Penelitian

Secara garis besar penelitian akan dilakukan tahap-tahap penelitian yang akan dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur sehingga dapat menentukan tangkah apa merancang sistem.
2. Perancangan sistem dilakukan untuk menentukan apa saja kebutuhan pendukung yang diperlukan dalam melakukan perancangan system.
3. Merealisasikan sistem sesuai dengan analisis yang telah dilakukan, dalam hal ini sistem diinginkan mampu meramalkan biaya konstruksi jalan raya.
4. Tahap selanjutnya melakukan pengujian apakah hasil analisis algoritma *fuzzy* sesuai dengan data pada konstruksi pembuatan jalan yang sebenarnya.
5. Optimasi biaya berupa menghitung penghematan biaya yang dapat diberikan dengan analisis perhitungan menggunakan teknik optimasi.
6. Perancangan dan realisasi kendali logika *fuzzy* dan analisis teknik optimasi, dalam hal ini pemrograman logika *fuzzy* ditanam pada setiap toolbar tampilan aplikasi (*Using Interface*).
7. Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui seberapa tingkat keberhasilan sistem, pengecekan sistem dengan rancangan serta melihat tingkat performansi sistem.
8. Langkah terakhir adalah analisis error sistem dan penyebabnya.
9. Penarikan kesimpulan.

Gambar diagram alir simulasi sistem dengan menggunakan logika *fuzzy* metode fuzzifikasi Takagi-Sugeno.



Gambar 4.4 Diagram Alir metode penelitian

Perancangan simulasi sistem akan dilakukan dengan mengambil data terlebih dahulu. Dan menganalisis perhitungan, setelah analisis data selesai hal selanjutnya yang dilakukan adalah pemodelan sistem pada algoritma logika *fuzzy* agar sesuai dengan analisis perhitungan pada data konstruksi. Kemudian melakukan perancangan dan perencanaan pengendalian menggunakan logika *fuzzy* metode Takagi-Sugeno dengan analisis data yang telah dilakukan diawal. Selanjutnya pengujian, analisis keluaran dan yang terakhir pengambilan kesimpulan apakah sistem sudah memenuhi performa dan spesifikasi yang diinginkan.

4.5. Perancangan Logika *Fuzzy*

Metode yang akan digunakan dalam analisis kebutuhan konstruksi jalan raya dengan meramalkan biaya, sumber daya manusia serta resiko adalah logika *fuzzy*. Tahapan- tahapan dalam Logika *Fuzzy* ditunjukkan dalam diagram alir dibawah ini beserta penjelasannya.

1. Menentukan variabel masukan dan variabel keluaran.

Dalam penelitian ini variabel masukan bagi logika *fuzzy* adalah berupa data dari hasil konstruksi pembuatan jalan yang telah terealisasi. Variabel keluarannya adalah berupa konstanta atau suatu persamaan linear tergantung terhadap masukan dan keluaran sistem.

2. Menentukan jenis fungsi keanggotaan masukan dan keluaran serta pembagian nilai label atas beberapa variabel linguistik. Penentuan fungsi keanggotaan ini didasarkan pada hasil data yang diperoleh yaitu parameter apa saja yang mempengaruhi biaya.

3. Pembentukan Aturan *Fuzzy*

Metode inferensi *fuzzy* yang digunakan adalah metode Takagi Sugeno dimana anteseden direpresentasikan dalam proposisi dalam himpunan *fuzzy*, sedangkan konsekuen direpresentasikan dengan sebuah konstanta atau persamaan linear.

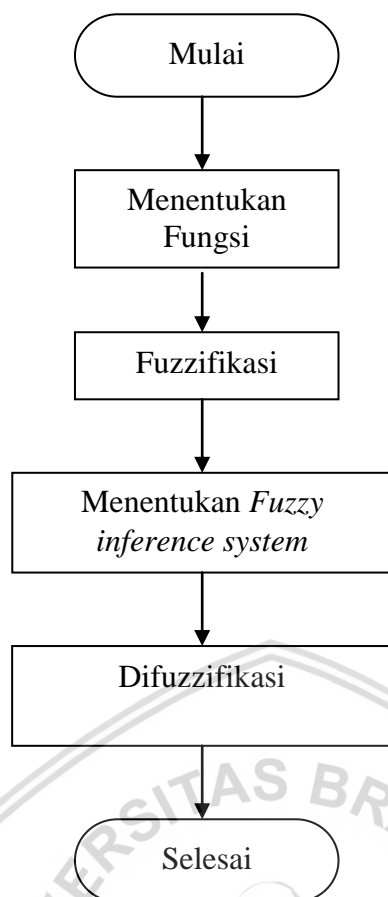
4. Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi adalah proses mengubah variabel non *fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Nilai masukan-masukan yang masih dalam bentuk variabel numerik yang telah dikuantisasi sebelum diolah oleh logika *fuzzy* harus diubah terlebih dahulu ke dalam variabel *fuzzy*. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka dari nilai-nilai masukan tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang berguna untuk proses pengolahan secara *fuzzy*.

5. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi yaitu proses untuk mengubah *fuzzy* output menjadi crisp output. Hasil defuzzifikasi inilah yang menentukan posisi panel surya.

Dari Penjelasan diatas diagram alir program kontrol logika *fuzzy* pada penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 4.4.

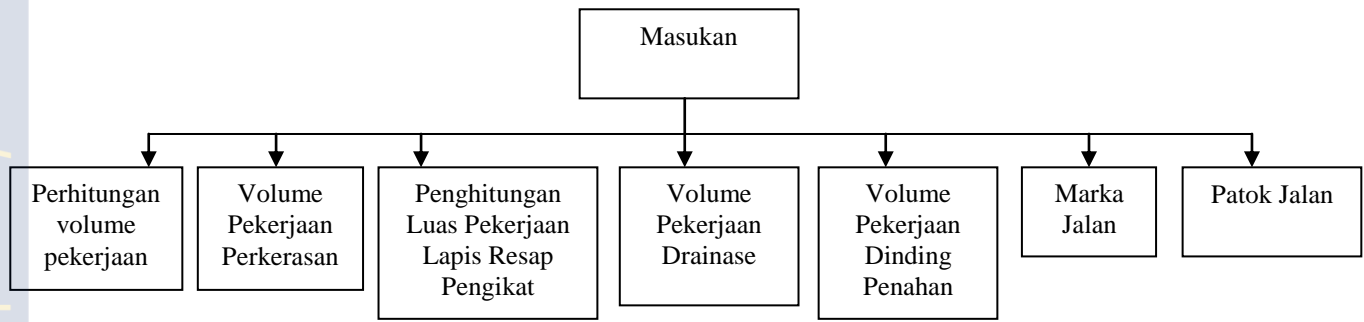


Gambar 4.5 Diagram Alir Program Kontrol Logika *Fuzzy*

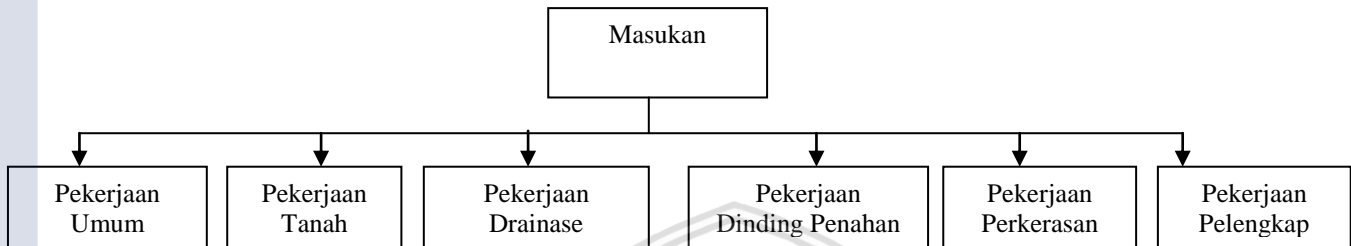
Analisis Keluaran dan Pengambilan Keputusan dalam Logika *Fuzzy*. Analisis ini digunakan untuk membandingkan hasil analisis dengan pengujian alat apakah sudah sesuai dengan aturan yang dibuat atau spesifikasi yang kita inginkan. Selain itu, membandingkan data antara percobaan dengan data sesungguhnya. Sehingga kita dapat menarik kesimpulan berapa prosentase tingkat optimisasi sistem dengan dan tanpa menggunakan logika *fuzzy*.

Perancangan rencana anggaran biaya terbagi dua yaitu perhitungan analisa perhitungan volume pekerjaan dan analisa waktu pelaksanaan proyek konstruksi, masukan perhitungan logika *fuzzy* ditunjukkan dalam Gambar.

Masukan untuk perhitungan analisis volume pekerjaan meliputi:



Masukan untuk perhitungan analisis waktu pelaksanaan proyek konstruksi:



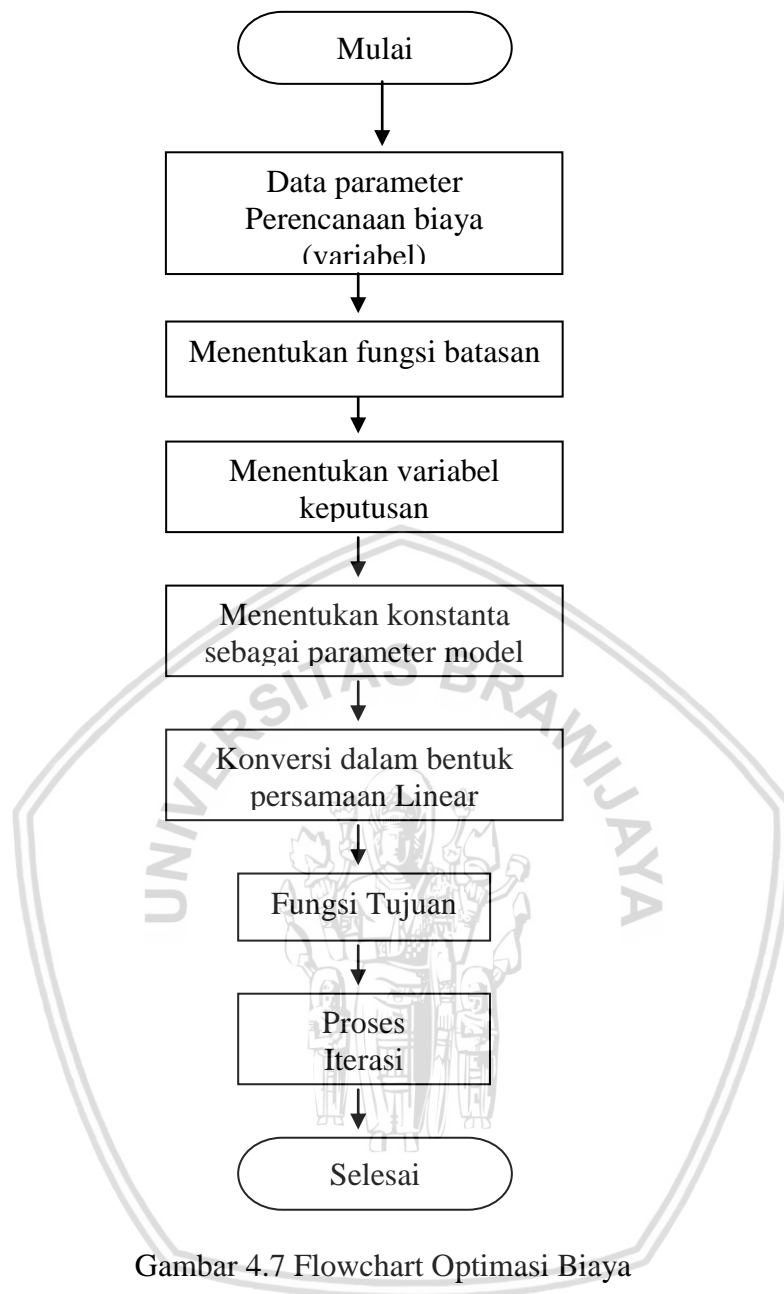
Gambar 4.6 Bagan Rencana Anggaran Biaya

Perlu diketahui kembali pada penelitian ini akan dipakai Logika Fuzzy Inference System Takagi-Sugeno. Ada beberapa alasan mengapa dipilih Logika Fuzzy Inference System Takagi Sugeno ketimbang Logika Fuzzy yang lainnya, seperti Logika Fuzzy Mamdani yang lebih banyak dipakai. Berikut alasannya :

- Tipe Mamdani merupakan tipe FIS standard yang umum dipakai
- Kelemahan FIS tipe Mamdani adalah tidak mangkus sebab harus menghitung luas daerah di bawah kurva
- Jika pada metode Mamdani agregasi berupa daerah di bawah kurva, maka pada metode Sugeno agregasi berupa singleton-singleton.

4.6. Perancangan Optimasi Biaya

Rencana perhitungan penghematan biaya dengan teknik optimasi dilakukan menggunakan perhitungan teknik optimasi sebagai pengendali keputusan, diagram alir proses analisis perhitungan dengan teknik optimasi sebagai berikut:



Gambar 4.7 Flowchart Optimasi Biaya

Linear Programming (LP) merupakan suatu model umum yang dapat digunakan dalam pemecahan masalah pengalokasian sumber-sumber yang terbatas secara optimal. Model Linear Programming :

1. Fungsi tujuan (*objective function*)

Fungsi yang menggambarkan tujuan/sasaran di dalam permasalahan LP yang berkaitan dengan pengaturan secara optimal sumber daya, untuk memperoleh keuntungan maksimal atau biaya minimal. Fungsi yang akan dimaksimumkan yaitu : $c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$ yang disebut sebagai fungsi tujuan.

2. Fungsi-fungsi batasan (*constraint functions*)

Merupakan bentuk penyajian secara matematis batasan-batasan kapasitas yang tersedia yang akan dialokasikan secara optimal ke berbagai kegiatan. Fungsi-fungsi batasan yang dapat dikelompokkan menjadi 2 macam yaitu :

- a) Fungsi batasan fungsional yaitu fungsi batasan sebanyak m ($a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_n$)
- b) Fungsi batasan non negatif ($x_i \geq 0$)

4.7. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk menganalisis system aplikasi yang dibuat telah memberikan hasil sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Pengujian dilakukan secara per blok terlebih dahulu dan kemudian secara keseluruhan sistem.

4.7.1 Pengujian Perangkat Lunak

Untuk pengujian perangkat lunak, pengujian dilakukan dengan cara mensimulasikan perangkat lunak pada personal komputer, kemudian dilakukan pengujian tampilan atau using interface system sesuai dengan hasil pada logika *fuzzy* dan apakah sistem mampu melakukan peramalan keputusan yang dihasilkan. Pengujian perangkat lunak bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat lunak tersebut dapat mengolah data serta mengontrol sistem sesuai dengan perancangan yang telah dibuat.

4.7.2 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan untuk mengetahui apakah alat ini bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Setelah tampilan pengguna (*using interface*) telah beroperasi seperti yang diharapkan, perangkat lunak yang telah dibuat diujikan.

4.8. Pengambilan Keputusan dan Saran

Setelah mendapatkan hasil analisis dari pengujian alat, maka langkah berikutnya yang dilakukan adalah pengambilan kesimpulan dan pemberian saran. Penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan kesesuaian antara perancangan dan hasil pengujian. Sedangkan saran bertujuan untuk pengembangan sistem lebih lanjut dan untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan yang terjadi dalam penelitian yang telah dilakukan.



BAB V

PERHITUNGAN DAN HASIL

Analisis Perhitungan RAB menggunakan Logika Fuzzy Inference System Sugeno untuk Pembangunan Jalan Raya. Data yang digunakan adalah Peningkatan Struktur Jalan Sebatik - Long Bawan 2 (APBN-P).

5.1. Logika Fuzzy Inference System Takagi-Sugeno

Metode yang digunakan adalah logika *fuzzy*. Tahapan-tahapan dalam Logika *Fuzzy* ditunjukkan dalam diagram alir dibawah ini beserta penjelasannya.

1. Menentukan variabel masukan dan variabel keluaran.

Dalam penelitian ini variabel masukan bagi logika *fuzzy* adalah berupa data Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari proses pembangunan jalan raya di Provinsi Kalimantan Utara. Variabel keluarannya adalah berupa konstanta atau suatu persamaan linear tergantung terhadap masukan dan keluaran sistem.

2. Menentukan jenis fungsi keanggotaan masukan dan keluaran serta pembagian nilai label atas beberapa variabel linguistik. Penentuan fungsi keanggotaan ini didasarkan pada hasil data yang diperoleh dengan menentukan batasan antara nilai rendah, sedang, dan tinggi dari tiga jenis data RAB.

3. Pembentukan Aturan *Fuzzy*

Dalam sistem ini terdapat 21 input yang dibutuhkan dalam pembangunan jalan raya, sehingga didapat 1 hingga 3 keadaan. Jadi, jumlah *rule base* dapat ditentukan berdasarkan kombinasi anggota himpunan fuzzy pada masing-masing himpunan fuzzy. Sedangkan untuk metode inferensi *fuzzy* atau fuzzifikasi yang digunakan adalah metode Takagi Sugeno dimana anteseden direpresentasikan dalam proposisi dalam himpunan *fuzzy*, sedangkan konsekuen direpresentasikan dengan sebuah konstanta atau persamaan linear.

4. Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi adalah proses mengubah variabel non *fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Nilai masukan-masukan yang masih dalam bentuk variabel numerik yang telah dikuantisasi sebelum diolah oleh logika *fuzzy* harus diubah terlebih dahulu ke dalam variabel *fuzzy*. Melalui fungsi keanggotaan yang telah disusun maka dari nilai-nilai masukan

tersebut menjadi informasi *fuzzy* yang berguna untuk proses pengolahan secara *fuzzy*.

5. Defuzzifikasi

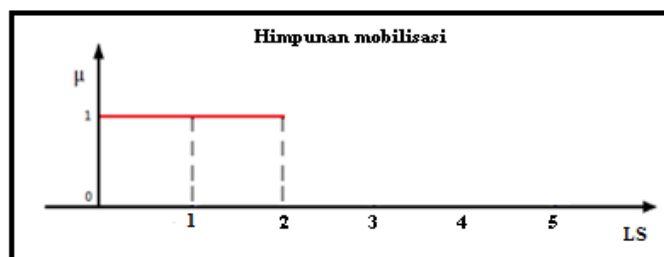
Defuzzifikasi yaitu proses untuk mengubah *fuzzy output* menjadi *crisp output*.

5.2. Fuzzifikasi

5.2.1 Divisi Umum

Divisi umum adalah divisi divisi yang mempunyai lingkup pekerjaan dibidang pelaksanaan pekerjaan jalan dan jembatan. Pekerjaan yang dicakup dalam divisi ini dibagi menjadi tiga yaitu pekerjaan utama, pekerjaan pengembalian kondisi dan minor, serta pekerjaan pemeliharaan rutin. Dalam Divisi Umum biasanya satuan yang digunakan adalah LS (Lump Sum) yang merupakan kontrak jasa atas penyelesaian seluruh pekerjaan dalam waktu tertentu. dalam sub bab ini akan di jelaskan tentang proses mengubah variabel non *fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik) pada himpunan mobilisasi, manajemen dan keselamatan lalu lintas, pengamanan lingkungan hidup dan manajemen mutu. Nilai membership function yang digunakan adalah volume pekerjaan dengan satuan LS dari angka 1 sampai dengan 2.

Pada Gambar 5.1 dijelaskan bahwa dari nilai satuan LS 1 sampai 2, nilai tertinggi terletak di angka 2. Dimana dalam logika berpikir Fuzzy Inference System Takagi sugeno nilai ini mempunyai nilai 1 diantara nilai 0 dan 1 yang merupakan nilai dari rangka berpikir Fuzzy Inference System Takagi Sugeno itu sendiri. Hal ini juga mempunyai nilai yang sama pada Gambar 5.2, Gambar 5.3, dan Gambar 5.4. Dimana tidak mencakup pembahasan yang sama, tetapi merupakan bagian dari perhitungan dari satu divisi yang sama. Satuan yang digunakan adalah LS (Lump Sum) sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.



Gambar 5.1 Grafik Himpunan Mobilisasi

Untuk Anggota Mobilisasi :

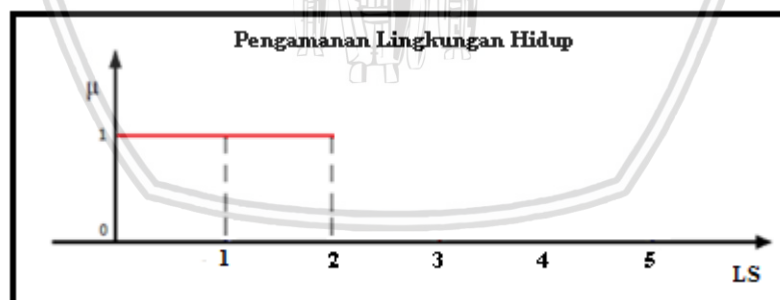
$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 2 \\ 0, & x < 0 \\ 0, & x > 2 \end{cases}$$



Gambar 5.2 Grafik Managemen dan Keselamatan Lalu Lintas

Untuk AnggotaManagemen dan Keselamatan Lalu Lintas:

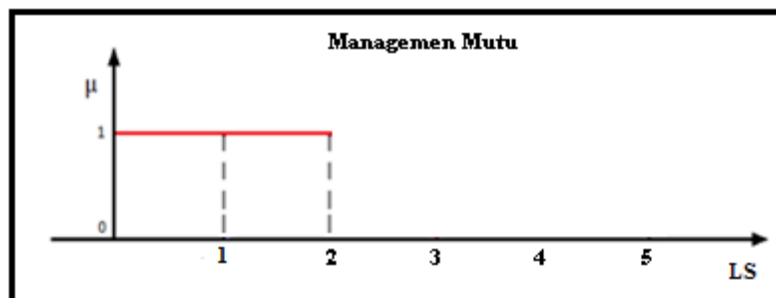
$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 2 \\ 0, & x=0 \text{ \& } x > 2 \\ 0, & x > 5 \end{cases}$$



Gambar 5.3 Grafik Pengamanan Lingkungan Hidup

Untuk Anggotapengamanan lingkungan hidup :

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 2 \\ 0, & x < 0 \\ 0, & x > 2 \end{cases}$$



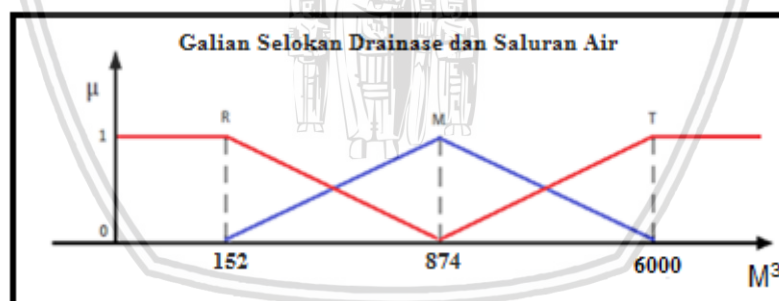
Gambar 5.4 Grafik Manajemen Mutu

Untuk Anggota Manajemen mutu:

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 2 \\ 0, & x < 0 \\ 0, & x > 2 \end{cases}$$

5.2.2. Divisi Drainase

Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.5 dibawah ini.



Gambar 5.5 Grafik Selokan Drainase dan Saluran air

Satuan yang digunakan adalah m³ sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 152 \\ 0, & x \geq 874 \\ \frac{874-x}{874-152}, & 152 < x < 874 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 152 sampai dengan 874 dalam satuan m^3 .

Untuk Range Menengah (M):

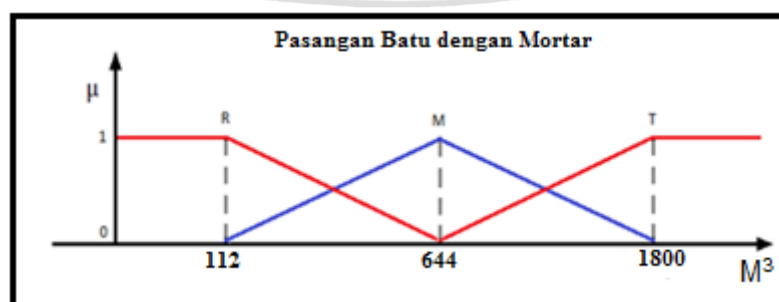
$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 152 \text{ atau } x \geq 6000 \\ \frac{x-152}{874-152}, & 152 < x \leq 874 \\ \frac{6000-x}{6000-874}, & 874 < x < 6000 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 152 sampai dengan 6000 serta nilai optimasi pada 874 dalam satuan m^3 .

Untuk Range Tinggi (T):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 6000 \\ 0, & x \leq 874 \\ \frac{x-874}{6000-874}, & 874 < x < 6000 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range tinggi untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 874 sampai dengan 6000 dalam satuan m^3 . Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.6 dibawah ini.



Gambar 5.6 Grafik Pasangan Batu dengan Mortar

Satuan yang digunakan adalah m^3 sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 112 \\ 0, & x \geq 644 \\ \frac{644-x}{644-112}, & 112 < x < 644 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 112 sampai dengan 644 dalam satuan m³.

Untuk Range Menengah (M):

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 112 \text{ atau } x \geq 1800 \\ \frac{x-112}{644-112}, & 112 < x \leq 644 \\ \frac{1800-x}{1800-644}, & 644 < x < 1800 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 112 sampai dengan 1800 serta optimasi 644 dalam satuan m³.

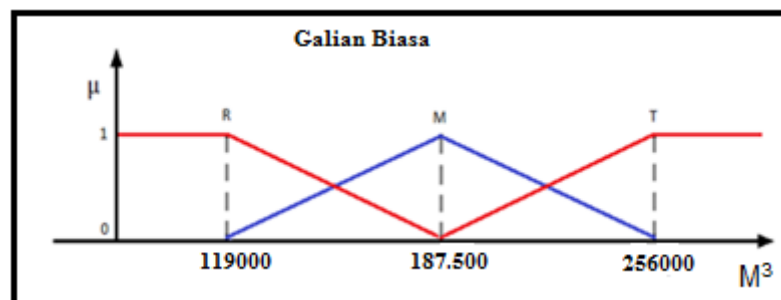
Untuk Range Tinggi (T):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 1800 \\ 0, & x \leq 644 \\ \frac{x-644}{1800-644}, & 644 < x < 1800 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range tinggi untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 644 sampai dengan 1800 dalam satuan m³

5.2.3. Divisi Pekerjaan Tanah

Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.7 dibawah ini.



Gambar 5.7 Grafik Galian Biasa

Satuan yang digunakan adalah m^3 sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 119000 \\ 0, & x \geq 187500 \\ \frac{187500 - x}{187500 - 119000}, & 119000 < x < 187500 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 119000 sampai dengan 187500 dalam satuan m^3 .

Untuk Range Menengah (M):

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 119000 \text{ atau } x \geq 256000 \\ \frac{x - 119000}{187500 - 119000}, & 119000 < x \leq 187500 \\ \frac{256000 - x}{256000 - 187500}, & 187500 < x < 256000 \end{cases}$$

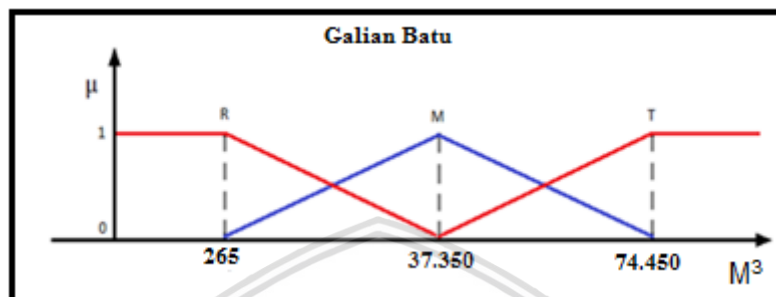
Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 119000 sampai dengan 256000 serta optimasi pada 187500 dalam satuan m^3 .

Untuk Range Tinggi (T):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 256000 \\ 0, & x \leq 187500 \\ \frac{x - 187500}{256000 - 187500}, & 187500 < x < 256000 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range tinggi untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 187500 sampai dengan 256000 dalam satuan m^3 .

Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.8 dibawah ini.



Gambar 5.8 Grafik Galian Batu

Satuan yang digunakan adalah m³ sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 265 \\ 0, & x \geq 37350 \\ \frac{37350-x}{37350-265}, & 265 < x < 37350 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 265 sampai dengan 37350 dalam satuan m³.

Untuk Range Menengah (M):

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 265 \text{ atau } x \geq 74450 \\ \frac{x-265}{37350-265}, & 265 < x < 37350 \\ \frac{74450-x}{74450-37350}, & 37350 < x < 74450 \end{cases}$$

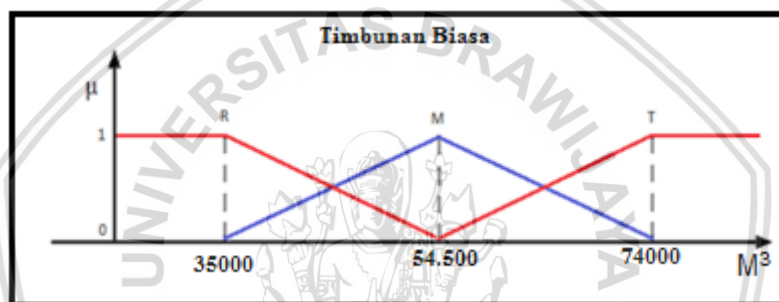
Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 265 sampai dengan 74450 serta optimasi pada 37350 dalam satuan m³.

Untuk Range Tinggi (T):

$$\mu[x]=\begin{cases} 1, & x \geq 74450 \\ 0, & x \leq 37350 \\ \frac{x-170}{265-170}, & 37350 < x < 74450 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range tinggi untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 37350 sampai dengan 74450 dalam satuan m³.

Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.9 dibawah ini.



Gambar 5.9 Grafik Timbunan Biasa

Satuan yang digunakan adalah m³ sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x]=\begin{cases} 1, & x \leq 35000 \\ 0, & x \geq 54500 \\ \frac{54500-x}{54500-35000}, & 35000 < x < 54500 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 35000 sampai dengan 54500 dalam satuan m³.

Untuk Range Menengah (M):

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 35000 \text{ atau } x \geq 74000 \\ \frac{x-35000}{54500-35000}, & 35000 < x < 54000 \\ \frac{74000-x}{74000-54500}, & 54500 < x < 74000 \end{cases}$$

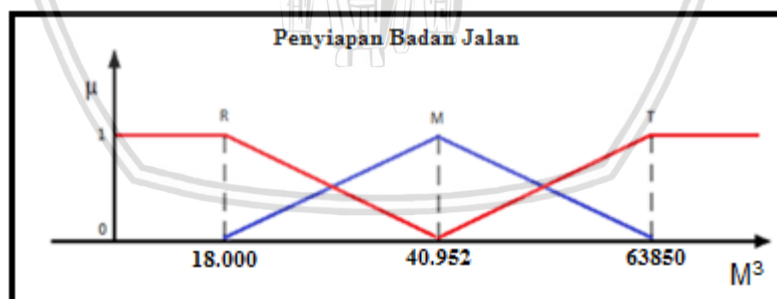
Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 35000 sampai dengan 74000 serta optimasi pada 54500 dalam satuan m³.

Untuk Range Tinggi (T):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 74000 \\ 0, & x \leq 54500 \\ \frac{x-54500}{74000-54500}, & 54500 < x < 74000 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range tinggi untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 54500 sampai dengan 74000 dalam satuan m³.

Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.10 dibawah ini.



Gambar 5.10 Grafik Penyiapan Badan Jalan

Satuan yang digunakan adalah m³ sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x]=\begin{cases} 1, & x \leq 18000 \\ 0, & x \geq 40952 \\ \frac{40952-x}{40952-18000}, & 18000 < x < 40952 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 18000 sampai dengan 40952 dalam satuan m³.

Untuk Range Menengah (M):

$$\mu[x]=\begin{cases} 0, & x \leq 18000 \text{ atau } x \geq 63850 \\ \frac{x-18000}{40952-18000}, & 18000 < x < 40952 \\ \frac{63850-x}{63850-40952}, & 40952 < x < 63850 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 18000 sampai dengan 63850 serta optimasi pada 40952 dalam satuan m³.

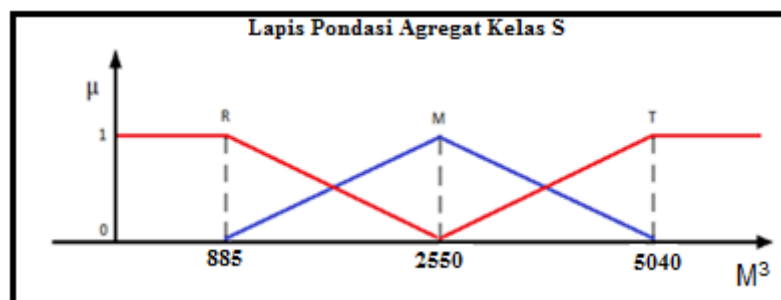
Untuk Range Tinggi (T):

$$\mu[x]=\begin{cases} 1, & x \geq 63850 \\ 0, & x \leq 40952 \\ \frac{x-40952}{63850-40952}, & 40952 < x < 63850 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range tinggi untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 40952 sampai dengan 63850 dalam satuan m³.

5.2.4. Divisi Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan

Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.11 dibawah ini.



Gambar 5.11 Grafik Lapis Agregat Kelas S

Satuan yang digunakan adalah m^3 sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 885 \\ 0, & x \geq 2550 \\ \frac{2550-x}{2550-885}, & 885 < x < 2550 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 885 sampai dengan 2550 dalam satuan m^3

Untuk Range Menengah (M):

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 885 \text{ atau } x \geq 5040 \\ \frac{x-885}{2550-885}, & 885 < x < 2550 \\ \frac{5040-x}{5040-2550}, & 2550 < x < 5040 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 885 sampai dengan 5040 serta optimasi pada 2550 dalam satuan m^3 .

Untuk Range Tinggi (T):

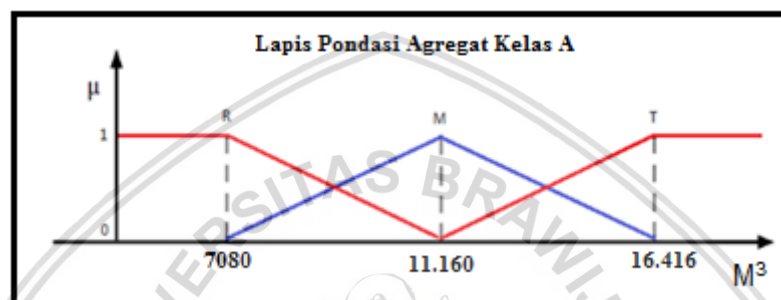
$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 5040 \\ 0, & x \leq 2550 \\ \frac{x-2550}{5040-2550}, & 2550 < x < 5040 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range tinggi untuk membership function adalah

volume pekerjaan dengan range antara 2550 sampai dengan 5040 dalam satuan m^3 .

5.2.5. Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen

Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.12 dibawah ini.



Gambar 5.12 Grafik Pondasi Beton Semen

Satuan yang digunakan adalah m^3 sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 7080 \\ 0, & x \geq 11.160 \\ \frac{11.160 - x}{11.160 - 7080}, & 7080 < x < 11.160 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 7080 sampai dengan 11160 dalam satuan m^3 .

Untuk Range Menengah (M):

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 7080 \text{ atau } x \geq 16.416 \\ \frac{x - 7080}{11.160 - 7080}, & 7080 < x < 11.160 \\ \frac{16.416 - x}{16.416 - 11.160}, & 11.160 < x < 16.416 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 7080 sampai dengan 16416 serta optimasi

pada 11160 dalam satuan m³.

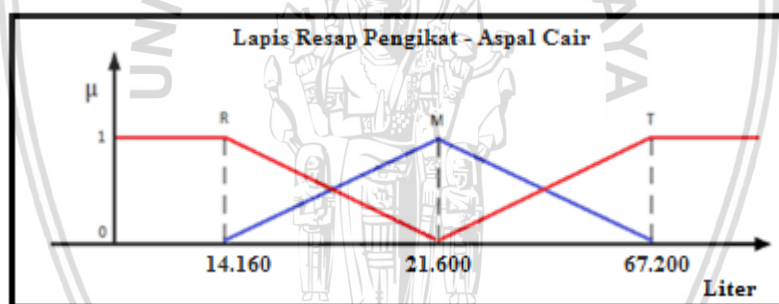
Untuk Range Tinggi (T):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 16.416 \\ 0, & x \leq 11.160 \\ \frac{x-11.160}{16.416-11.160}, & 11.160 < x < 16.416 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 11160 sampai dengan 16416 dalam satuan m³.

5.2.6. Perkerasan Aspal

Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.13 dibawah ini.



Gambar 5.13 Grafik Lapis Pengikat

Satuan yang digunakan adalah Liter sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 14.160 \\ 0, & x \geq 21.600 \\ \frac{21.600 - x}{21.600 - 14.160}, & 14.160 < x < 21.600 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 14160 sampai dengan 21600 dalam satuan Liter.

Untuk Range Menengah (M):

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 14.160 \text{ atau } x \geq 67.200 \\ \frac{x - 7080}{11.160 - 7080}, & 14.160 < x < 21.600 \\ \frac{67.200 - x}{67.200 - 21.600}, & 21.600 < x < 67.200 \end{cases}$$

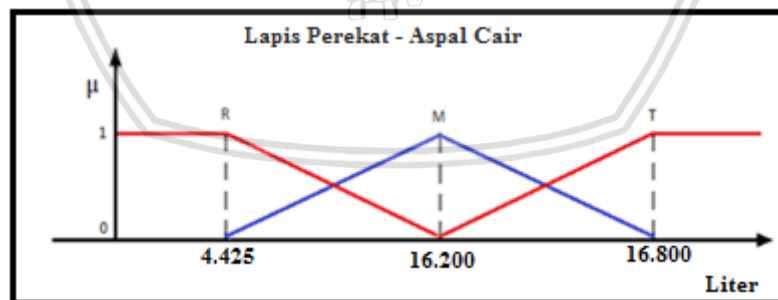
Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 14160 sampai dengan 67200 serta optimasi pada 21600 dalam satuan Liter.

Untuk Range Tinggi (T):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 67.200 \\ 0, & x \leq 21.600 \\ \frac{x - 21.600}{67.200 - 21.600}, & 21.600 < x < 67.200 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range tinggi untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 21600 sampai dengan 67200 dalam satuan Liter.

Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.14 dibawah ini.



Gambar 5.14 Grafik Lapis Perekat

Satuan yang digunakan adalah Liter sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 4.425 \\ 0, & x \geq 16.200 \\ \frac{16.200 - x}{16.200 - 4.425}, & 4.425 < x < 16.200 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 4425 sampai dengan 16200 dalam satuan Liter.

Untuk Range Menengah (M):

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 4.425 \text{ atau } x \geq 16.800 \\ \frac{x - 4.425}{16.200 - 4.425}, & 4.425 < x < 16.200 \\ \frac{16.800 - x}{16.800 - 16.200}, & 16.200 < x < 16.800 \end{cases}$$

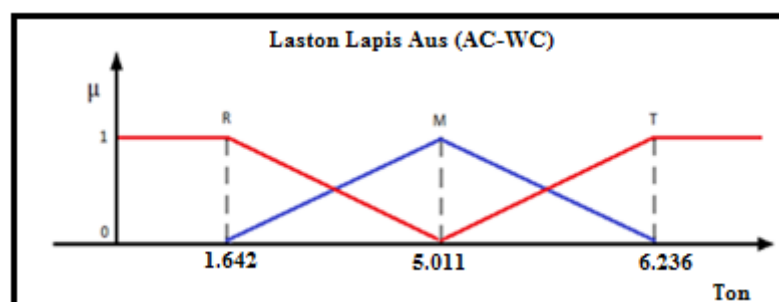
Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 4425 sampai dengan 16800 serta optimasi pada 16200 dalam satuan Liter.

Untuk Range Tinggi (T):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 16.800 \\ 0, & x \leq 16.200 \\ \frac{x - 16.200}{16.800 - 16.200}, & 16.200 < x < 16.800 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range tinggi untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 16200 sampai dengan 16800 dalam satuan Liter.

Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.15 dibawah ini.



Gambar 5.15 Grafik Laston Lapis Aus

Satuan yang digunakan adalah Ton sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 1642 \\ 0, & x \geq 5011 \\ \frac{5011-x}{5011-1642}, & 1642 < x < 5011 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 1642 sampai dengan 5011 dalam satuan Ton.

Untuk Range Menengah (M):

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 1642 \text{ atau } x \geq 6236 \\ \frac{x-1642}{5011-1642}, & 1642 < x \leq 5011 \\ \frac{6236-x}{6236-5011}, & 5011 < x < 6236 \end{cases}$$

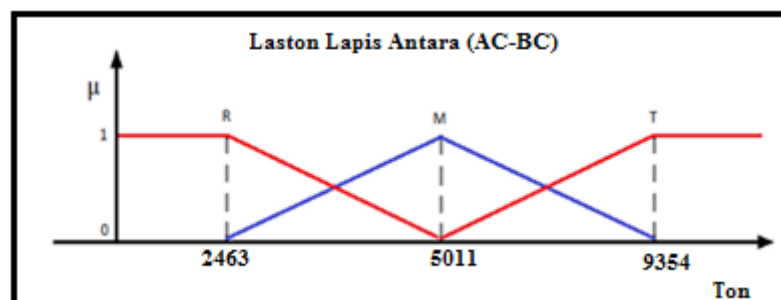
Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 1642 sampai dengan 6236 serta optimasi pada 5011 dalam satuan Ton.

Untuk Range Tinggi (T):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 6236 \\ 0, & x \leq 5011 \\ \frac{x-5011}{6236-5011}, & 5011 < x < 6236 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range tinggi untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 5011 sampai dengan 6236 dalam satuan Ton.

Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.16 dibawah ini.



Gambar 5.16 Grafik Laston Lapis Antara

Satuan yang digunakan adalah Ton sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 2463 \\ 0, & x \geq 5011 \\ \frac{5011-x}{5011-2463}, & 2463 < x < 5011 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 2463 sampai dengan 5011 dalam satuan Ton.

Untuk Range Menengah (M):

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 2463 \text{ atau } x \geq 9354 \\ \frac{x-2463}{5011-2463}, & 2463 < x \leq 5011 \\ \frac{9354-x}{9354-5011}, & 5011 < x < 9354 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 2463 sampai dengan 9354 serta optimasi pada 5011 dalam satuan Ton.

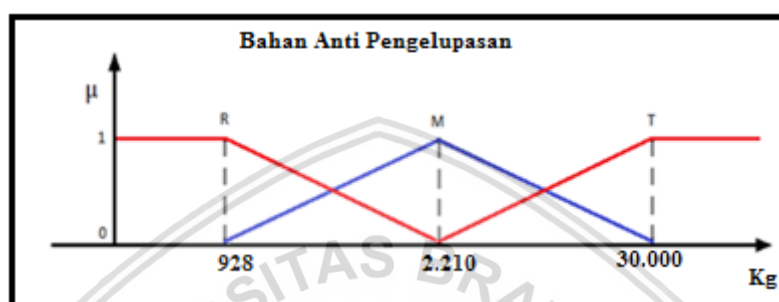
Untuk Range Tinggi (T):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 9354 \\ 0, & x \leq 5011 \\ \frac{x-5011}{9354-5011}, & 5011 < x < 9354 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range tinggi untuk membership function adalah

volume pekerjaan dengan range antara 5011 sampai dengan 9354 dalam satuan Ton.

Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.17 dibawah ini.



Gambar 5.17 Grafik Bahan Anti Pengelupasan

Satuan yang digunakan adalah Kilogram (Kg) sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 928 \\ 0, & x \geq 2.210 \\ \frac{5011-x}{5011-2463}, & 928 < x < 2210 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 928 sampai dengan 2210 dalam satuan Kg.

Untuk Range Menengah (M):

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 928 \text{ atau } x \geq 30000 \\ \frac{x-928}{2210-928}, & 928 < x \leq 2.210 \\ \frac{30.000-x}{30.000-2.210}, & 2.210 < x < 30.000 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 928 sampai dengan 30000 serta optimasi pada 2210 dalam satuan Kg.

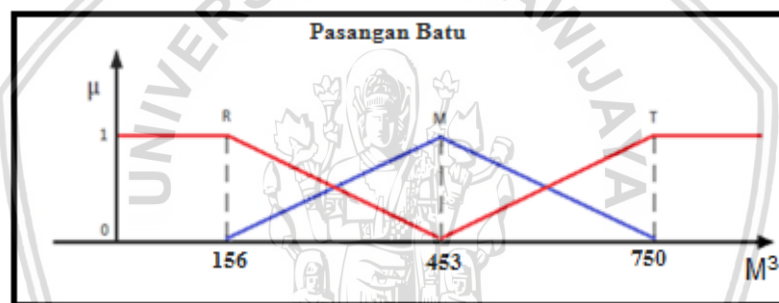
Untuk Range Tinggi (T):

$$\mu[x]=\begin{cases} 1, & x \geq 30.000 \\ 0, & x \leq 2.210 \\ \frac{x-2.210}{30.000-2.210}, & 2.210 < x < 30.000 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range tinggi untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 2210 sampai dengan 30000 dalam satuan Kg.

5.2.7. Struktur

Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.18 dibawah ini.



Gambar 5.18 Grafik Pasangan Batu

Satuan yang digunakan adalah m³ sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x]=\begin{cases} 1, & x \leq 156 \\ 0, & x \geq 453 \\ \frac{453-x}{453-156}, & 156 < x < 453 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 156 sampai dengan 453 dalam satuan m³.

Untuk Range Menengah (M):

$$\mu[x]=\begin{cases} 0, & x \leq 156 \text{ atau } x \geq 750 \\ \frac{x-156}{453-156}, & 156 < x \leq 453 \\ \frac{750-x}{750-453}, & 453 < x < 750 \end{cases}$$

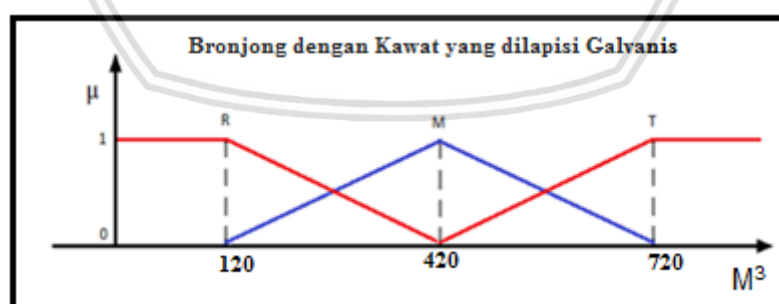
Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 156 sampai dengan 750 serta optimasi pada 453 dalam satuan m³.

Untuk Range Tinggi (T):

$$\mu[x]=\begin{cases} 1, & x \geq 750 \\ 0, & x \leq 453 \\ \frac{x-453}{750-453}, & 453 < x < 750 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range tinggi untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 453 sampai dengan 750 dalam satuan m³.

Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.19 dibawah ini.



Gambar 5.19 Grafik Bronjong dengan Kawat yang dilapisi Galvanis

Satuan yang digunakan adalah m³ sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 120 \\ 0, & x \geq 420 \\ \frac{420-x}{420-120}, & 120 < x < 420 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 120 sampai dengan 420 dalam satuan m³.

Untuk Range Menengah (M):

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 120 \text{ atau } x \geq 720 \\ \frac{x-120}{420-120}, & 120 < x \leq 420 \\ \frac{720-x}{720-420}, & 420 < x < 720 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 120 sampai dengan 720 serta optimasi pada 420 dalam satuan m³.

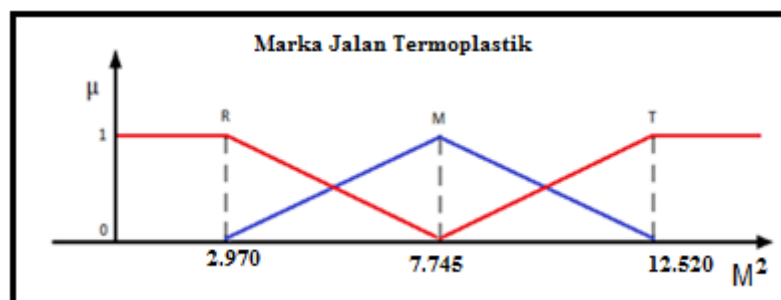
Untuk Range Tinggi (T):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 720 \\ 0, & x \leq 420 \\ \frac{x-420}{720-420}, & 420 < x < 720 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range tinggi untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 420 sampai dengan 720 dalam satuan m³.

5.2.8. Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor

Garis merah menurun merupakan gambaran untuk volume pekerjaan dengan range rendah, garis biru adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range menengah, sedangkan garis merah menaik adalah gambaran untuk volume pekerjaan dengan range tinggi. Penjelasan diatas dapat dilihat pada gambar 5.20 dibawah ini.



Gambar 5.20 Grafik Marka Jalan Termoplastik

Satuan yang digunakan adalah m^3 sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

Untuk Range Rendah (R):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 2970 \\ 0, & x \geq 7745 \\ \frac{7745-x}{7745-2970}, & 2970 < x < 7745 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range rendah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 2970 sampai dengan 7745 dalam satuan m^2 .

Untuk Range Menengah (M):

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 2970 \text{ atau } x \geq 12520 \\ \frac{x-2970}{7745-2970}, & 2970 < x \leq 7745 \\ \frac{12520-x}{12520-7745}, & 7745 < x < 12520 \end{cases}$$

Nilai yang digunakan pada range menengah untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 2970 sampai dengan 12520 serta optimasi pada 7745 dalam satuan m^2 .

Untuk Range Tinggi (T):

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \geq 12520 \\ 0, & x \leq 7745 \\ \frac{x-7745}{12520-7745}, & 7745 < x < 12520 \end{cases}$$

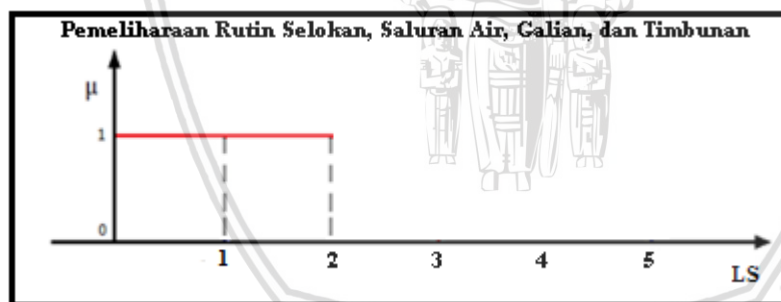
Nilai yang digunakan pada range tinggi untuk membership function adalah volume pekerjaan dengan range antara 7745 sampai dengan 12520 dalam satuan m^2 .

5.2.9. Pekerjaan Pemeliharaan Rutin

Pekerjaan ini meliputi pekerjaan pemeliharaan rutin untuk menjamin agar perkerasan, bahu jalan, drainase, dan perlengkapan jalan lama selalu dipelihara setiap saat selama Periode Pelaksanaan dalam kondisi pelayanan yang dapat diterima oleh Direksi Pekerjaan. Pekerjaan ini harus dibayar secara bulanan dari

harga penawaran lump sum. dalam sub bab ini akan di jelaskan tentang proses mengubah variabel non *fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik) pada pekerjaan pemeliharaan rutin selokan, saluran air, galian dan timbunan, pemeliharaan rutin perlengkapan jalan, pemeliharaan rutin perkerasan, pemeliharaan rutin bahu jalan, dan pemeliharaan rutin perkerasan. Nilai membership function yang digunakan adalah volume pekerjaan dengan satuan LS dari angka 1 sampai dengan 2.

Pada Gambar 5.21 dijelaskan bahwa dari nilai satuan LS 1 sampai 2, nilai tertinggi terletak di angka 2. Dimana dalam logika berpikir Fuzzy Inference System Takagi sugeno nilai ini mempunyai nilai 1 diantara nilai 0 dan 1 yang merupakan nilai dari rangka berpikir Fuzzy Inference System Takagi Sugeno itu sendiri. Hal ini juga mempunyai nilai yang sama pada Gambar 5.22, Gambar 5.23, Gambar 5.24, dan Gambar 5.25. Dimana tidak mencakup pembahasan yang sama, tetapi merupakan bagian dari perhitungan dari satu divisi yang sama. Satuan yang digunakan adalah LS (Lump Sum) sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11/PRT/M/2013 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.



Gambar 5.21 Grafik Pemeliharaan Rutin Selokan, Saluran air, Galian, Dan timbunan

Untuk Anggota Pemeliharaan rutin selokan, saluran air, galian dan timbunan :

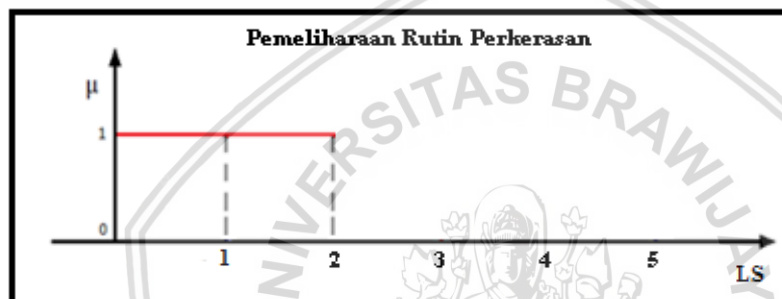
$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 2 \\ 0, & x < 0 \\ 0, & x > 2 \end{cases}$$



Gambar 5.22 Grafik Pemeliharaan Rutin Perlengkapan Jalan

Untuk Anggota pemeliharaan rutin perlengkapan jalan :

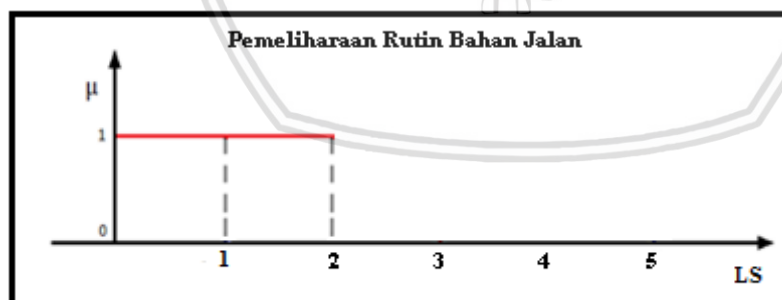
$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 2 \\ 0, & x < 0 \\ 0, & x > 2 \end{cases}$$



Gambar 5.23 Grafik Pemeliharaan Rutin Perkerasan

Untuk Anggota pemeliharaan rutin perkerasan :

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 2 \\ 0, & x < 0 \\ 0, & x > 2 \end{cases}$$



Gambar 5.24 Grafik Pemeliharaan Rutin Bahu Jalan

Untuk Anggota pemeliharaan rutin bahu jalan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 2 \\ 0, & x < 0 \\ 0, & x > 2 \end{cases}$$



Gambar 5.25 Grafik Pemeliharaan Rutin Jembatan

Untuk Anggota pemeliharaan rutin jembatan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 2 \\ 0, & x < 0 \\ 0, & x > 2 \end{cases}$$

5.3. Rule Base system

5.3.1. Divisi Umum

Data yang tertera berikut ini merupakan hasil perbandingan penggunaan satuan mulai dari range terendah hingga yang tertinggi dalam bentuk satuan mobilisasi yang bervariasi dalam range antara 1 sampai dengan 2 LS (Lump Sum).

- IF mobilisasi (R) dan Manajemen Keselamatan (R) dan manajemen mutu (R) dan pengamanan lingkungan hidup (0) maka Z = 311.450.000

Nilai yang tertera diatas adalah nilai dari Rule Base ke 15 yang merupakan hasil dari perhitungan dengan menggunakan aplikasi Fuzzy dan merupakan nilai yang dianggap paling efisien oleh aplikasi Fuzzy untuk Divisi Umum.

5.3.2. Divisi Drainase

Pada hasil Rule Base System Untuk Divisi Drainase, data yang tertera di bawah merupakan hasil dari variable Z berdasarkan volume galian drainase yang divariasikan antara volume galian selokan drainase dan saluran air dengan volume pasangan batu mortar mulai dari range terendah hingga range tertinggi yaitu untuk range terendah 152 m³ sampai dengan 874 m³, range menengah dari 152 m³ sampai dengan 6000 m³, dan range tertinggi yaitu dari 874 m³ sampai dengan 6000 m³ untuk galian selokan drainase dan saluran air. Range terendah dari 112

m^3 sampai dengan 644 m^3 , range menengah 112 m^3 sampai dengan 1800 m^3 , range tertinggi dari 644 m^3 sampai dengan 1800 m^3 untuk volume pasangan batu mortar.

- IF galian selokan drainase dan saluran air (T) dan pasangan batu mortar (T) maka $Z = 2.804.052.000$

Nilai yang tertera diatas adalah nilai dari Rule Base ke 9 yang merupakan hasil dari perhitungan dengan menggunakan aplikasi Fuzzy dan merupakan nilai yang dianggap paling efisien oleh aplikasi Fuzzy untuk Divisi Drainase.

5.3.3. Divisi Pekerjaan Tanah

Pada hasil Rule Base System Untuk Divisi Pekerjaan Tanah, data yang tertera di bawah merupakan hasil dari variable Z berdasarkan volume galian biasa, galian batu, timbunan biasa, dan penyiapan badan jalan yang divariasikan mulai dari range terendah hingga range tertinggi yaitu, range terendah dari 119000 m^3 sampai dengan 187500 m^3 , range menengah 119000 m^3 sampai dengan 256000 m^3 , range tertinggi dari 187500 m^3 sampai dengan 256000 m^3 untuk galian biasa. Range terendah dari 265 m^3 sampai dengan 37350 m^3 , range menengah dari 265 m^3 sampai dengan 74450 m^3 , range tertinggi dari 37350 m^3 sampai dengan 74450 m^3 untuk galian batu. Range terendah dari 35000 m^3 sampai dengan 54500 m^3 , range menengah dari 35000 m^3 sampai dengan 74000 m^3 serta optimasi pada 54500 m^3 , range tertinggi dari 54500 m^3 sampai dengan 74000 m^3 untuk timbunan biasa. Range terendah 18000 m^3 sampai dengan 40952 m^3 , range tertinggi dari 18000 m^3 sampai dengan 63850 m^3 untuk penyiapan badan jalan.

- Galian biasa (R) dan Galian Batu (T) dan Timbunan Biasa (R) dan penyiapan badan jalan (R) maka $Z = 23.295.982.400$

Nilai yang tertera diatas adalah nilai dari Rule Base ke 19 yang merupakan hasil dari perhitungan dengan menggunakan aplikasi Fuzzy dan merupakan nilai yang dianggap paling efisien oleh aplikasi Fuzzy untuk Divisi Pekerjaan Tanah.

5.3.4. Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan

Pada hasil Rule Base System Untuk Divisi Pelebaran Perkerasan Bahu Jalan, data yang tertera di bawah merupakan hasil dari variable Z berdasarkan volume

Lapis Pondasi Agregat Kelas S mulai dari range terendah hingga range tertinggi yaitu untuk range terendah dari 885 m^3 sampai dengan 2550 m^3 , range menengah dari 885 m^3 sampai dengan 5040 m^3 , dan range tertinggi yaitu dari 2550 m^3 sampai dengan 5040 m^3 .

- If Lapis pondasi agregat kelas S (M) maka $Z = 1.500.975.900$

Nilai yang tertera diatas adalah nilai dari Rule Base ke 2 yang merupakan hasil dari perhitungan dengan menggunakan aplikasi Fuzzy dan merupakan nilai yang dianggap paling efisien oleh aplikasi Fuzzy untuk Pekerjaan Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan.

5.3.5. Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen

Pada hasil Rule Base System Untuk Divisi Pelebaran Perkerasan Bahu Jalan, data yang tertera di bawah merupakan hasil dari variable Z berdasarkan volume Lapis Pondasi Agregat Kelas A mulai dari range terendah hingga range tertinggi yaitu untuk range terendah dari 7080 m^3 sampai dengan 11160 m^3 , range menengah dari 7080 m^3 sampai dengan 16416 m^3 , dan range tertinggi yaitu dari 11160 m^3 sampai dengan 16416 m^3 .

- If Lapis pondasi agregat kelas A (R) maka $Z = 6.568.976.880$

Nilai yang tertera diatas adalah nilai dari Rule Base ke 2 yang merupakan hasil dari perhitungan dengan menggunakan aplikasi Fuzzy dan merupakan nilai yang dianggap paling efisien oleh aplikasi Fuzzy untuk Pekerjaan Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen.

5.3.6. Perkerasan Aspal

Pada hasil Rule Base System Untuk Divisi Perkerasan Aspal, data yang tertera di bawah merupakan hasil dari variable Z berdasarkan volume Lapis Resap Pengikat, Lapis Perekat, Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Antara (AC-BC), dan Aditif anti Pengelupasan mulai dari range terendah hingga range tertinggi yaitu range terendah dari 14160 liter sampai dengan 21600 liter, range menengah dari 14160 liter sampai dengan 67200 liter, dan range tertinggi yaitu dari 21600 liter sampai dengan 67200 liter untuk Lapis Resap Pengikat. Range terendah dari 4425 liter sampai dengan 16200 liter, range menengah dari 4425

liter sampai dengan 16800 liter, dan range tertinggi yaitu dari 16200 liter sampai dengan 16800 liter untuk Lapis Perekat. Range terendah dari 1642 ton sampai dengan 5011 ton, range menengah dari 1642 ton sampai dengan 6236 ton, dan range tertinggi yaitu dari 5011 ton sampai dengan 6236 ton untuk Laston Lapis Aus. Range terendah dari 2463 ton sampai dengan 5011 ton, range menengah dari 2463 ton sampai dengan 9354 ton, dan range tertinggi yaitu dari 5011 ton sampai dengan 9354 ton untuk Laston Lapis Antara. Range terendah dari 928 kg sampai dengan 2210 kg, range menengah dari 928 kg sampai dengan 30000 kg, dan range tertinggi yaitu dari 2210 kg sampai dengan 30000 kg untuk Aditif Anti Pengelupasan.

- Lapis resap Pengikat Aspal Cair (M) dan Lapis Perekat Aspal Cair (M) dan Laston Lapis Aus (AC-WC) (M) dan laston lapis antara (AC-BC) (M) dan Bahan anti pengelupasan (T) maka $Z = 17.048.736.911$

Nilai yang tertera diatas adalah nilai dari Rule Base ke 123 yang merupakan hasil dari perhitungan dengan menggunakan aplikasi Fuzzy dan merupakan nilai yang dianggap paling efisien oleh aplikasi Fuzzy untuk Pekerjaan Perkerasan Aspal.

5.3.7. Struktur

Pada hasil Rule Base System Untuk Divisi Struktur, data yang tertera di bawah merupakan hasil dari variable Z berdasarkan volume pasangan batu dan bronjong dengan kawat yang dilapisi galvanis mulai dari range terendah hingga range tertinggi yaitu range terendah dari 156 m^3 sampai dengan 453 m^3 , range menengah dari 156 m^3 sampai dengan 750 m^3 , dan range tertinggi yaitu dari 453 m^3 sampai dengan 750 m^3 untuk pasangan batu. Range terendah dari 120 m^3 sampai dengan 420 m^3 , range menengah dari 120 m^3 sampai dengan 720 m^3 , dan range tertinggi yaitu dari 420 m^3 sampai dengan 720 m^3 untuk bronjong dengan kawat yang dilapisi galvanis.

- If Pasangan Batu (T) dan Bronjong dengan kawat yang dilapisi galvanis (T) maka $Z = 1.414.490.760$

Nilai yang tertera diatas adalah nilai dari Rule Base ke 9 yang merupakan hasil dari perhitungan dengan menggunakan aplikasi Fuzzy dan merupakan nilai yang dianggap paling efisien oleh aplikasi Fuzzy untuk Divisi Struktur.

5.3.8. Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor

Pada hasil Rule Base System Untuk Divisi Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor, data yang tertera di bawah merupakan hasil dari variable Z berdasarkan volume marka jalan termoplastik dan pekerjaan pemeliharaan rutin mulai dari range terendah hingga range tertinggi yaitu range terendah dari 2970 m² sampai dengan 7745 m², range menengah dari 2970 m² sampai dengan 12520 m², dan range tertinggi yaitu dari 7745 m² sampai dengan 12520 m² untuk marka jalan termoplastik. Untuk volume pekerjaan pemeliharaan rutin yaituantara 0 sampai dengan 2 LS.

- If marka jalan termoplastik (T) dan pekerjaan pemeliharaan rutin (0) dan pemeliharaan rutin perlengkapan jalan (0) dan pemeliharaan rutin perkerasan (0) dan pemeliharaan rutin bahan jalan (0) dan pemeliharaan rutin jembatan (0) maka Z = 0

Nilai yang tertera diatas adalah nilai dari Rule Base ke 65 yang merupakan hasil dari perhitungan dengan menggunakan aplikasi Fuzzy dan merupakan nilai yang dianggap paling efisien oleh aplikasi Fuzzy untuk Pekerjaan Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor.

5.4. Defuzzifikasi

$$Z = \frac{\mu_1 Z_1 + \dots + \mu_n Z_n}{\mu_1 + \dots + \mu_n}$$

Dimana :

μ_1 = alpa predikat untuk rule pertama

μ_n = alpa predikat untuk rule ke-n sesuai jumlah rule pada masing-masing divisi

Z_n = output bernilai Z untuk masing-masing rule

Z = Nilai akhir yang diinginkan untuk analisis RAB

Untuk nilai akhir merupakan penjumlahan dari nilai Z pada masing-masing divisi, total nilai Z merupakan jumlah biaya total hasil pekerjaan keseluruhan divisi.

5.5 Studi Kasus

Misalkan analisis biaya untuk perhitungan pelaksanaan jalan nasional (jalan lingkaran Pulau Sebatik 2 (APBN-P))
Diketahui:

No. Mata Pembayaran	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan Penawaran (Rp)	Harga Satuan HPS (Rp)	Jumlah	Persentase terhadap HPS	Kesimpulan
a	b	c	d	e	f		g	h
	DIVISI 1. UMUM							
1.2	Modifikasi	LS	1.00	250.050.000,00	250.302.000,00	250.302.000,00	99,90	-
1.8 (1)	Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	LS	1.00	43.310.000,00	45.030.000,00	45.030.000,00	96,18	-
1.21	Manajemen Mutu	LS	1.00	34.875.000,00	34.800.000,00	34.800.000,00	100,23	-
						-		
	DIVISI 2. DRAINASE							
2.1 (1)	Galian Selokan Drainase dan Saluran Air	M ³	6.000,00	53.311,80	43.571,00	261.426.000,00	122,36	Timpang
2.2 (1)	Pasangan Batu dengan Mortar	M ²	1.800,00	1.218.187,23	1.192.500,00	2.148.500.000,00	102,15	-
						-		
	DIVISI 3. PEKERJAAN TANAH							
3.1 (1a)	Galian Biasa	M ³	8.138.353,835	53.949,03	68.120,00	8.138.353.835,60	79,15	-
3.1 (1b)	Galian Batu Lunak	M ³	74.456,77	56.461,98	189.532,00	12.622.805.131,64	33,30	-
3.2 (1a)	Timbunan Biasa dari Sumber Galian	M ³	35.000,00	57.759,14	70.953,00	2.483.355.000,00	81,40	-
3.3 (1)	Penyisipan Badan Jalan	M ²	18.000,00	4.840,60	4.705,00	84.690.000,00	102,88	-
						-		
	DIVISI 4. PELEBARAN PERKERASAN DAN BAHU JALAN							
4.2 (2a)	Lapis Pondasi Agregat Kelas B	M ²	2.550,00	600.448,43	588.618,00	1.500.975.900,00	102,01	-
						-		
	DIVISI 5. PERKERASAN BERBUTIR DAN PERKERASAN BETON SEMEN							
5.1 (1)	Lapis Pondasi Agregat Kelas A	M ²	11.180,00	687.831,39	588.618,00	6.568.976.880,00	116,86	Timpang
						-		
	DIVISI 6. PERKERASAN ASPAL							
6.1 (1a)	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	Liter	21.500,00	14.547,70	17.502,00	386.883.200,00	81,26	-
6.1 (2a)	Lapis Perkat - Aspal Cair	Liter	16.200,00	14.311,38	21.773,00	352.722.600,00	65,73	-
6.3 (5a)	Laston Lapis Atas (AC-WC)	Ton	5.011,20	1.608.552,33	1.543.422,00	7.734.396.325,40	104,21	-
6.3 (6a)	Laston Lapis Antara (AC-BC)	Ton	5.011,20	1.535.238,52	1.531.679,00	7.675.549.804,80	100,23	-
6.3 (8)	Aditif anti pengelupasan	Kg	30.067,20	60.000,00	30.000,00	902.016.000,00	200,00	Timpang
						-		
	DIVISI 7. STRUKTUR							
7.1 (6)	Beton Mutu Sedang f'c 25 Mpa	M ³	57,60	2.646.170,29	2.045.993,00	117.849.196,80	129,33	Timpang
7.3 (4)	Baja Tulangan U59 Ulfir	Kg	11.520,00	23.743,91	27.587,00	322.410.240,00	84,84	-
7.6 (6)	Penyediaan TP Kayu tanpa peengawetan Ukuran 10 X 10	M ³	1.200,00	114.757,68	60.000,00	72.000.000,00	191,26	Timpang
7.8 (13)	Pemancangan Tiang Pancang Kayu ukuran 10x10 cm	M ³	1.200,00	152.850,79	20.000,00	24.000.000,00	764,25	Timpang
7.9 (1)	Pasangan Batu	M ²	750,00	1.205.275,55	1.192.500,00	894.375.000,00	101,07	-
7.10 (3)	Sonjong dengan kawat yang dilapisi galvanis	M ²	720,00	1.244.814,53	722.583,00	520.157.760,00	172,52	Timpang
						-		
	DIVISI 8. PENGEMBALIAN KONDISI DAN PEKERJAAN MINOR							
8.4 (1)	Marka Jalan Termoplastik	M ²	2.970,00	227.529,48	151.460,00	449.836.200,00	150,22	Timpang
						-		

Gambar 5.25 Tabel Penawaran Harga

- Divisi Umum
 - Mobilisasi = 1 LS
 - Manajemen keselamatan lalu lintas = 1 LS
 - Manajemen Mutu = 1 LS
 - Pengamanan Lingkungan Hidup = 0 LS
- Divisi Drainase
 - Galian selokan drainase dan saluran air = 6000 M³
 - Pasangan Batu dengan Mortar = 1800 M³
- Divisi Pekerjaan Tanah
 - Galian biasa = 119.000 M³
 - Galian batu lunak = 74450 M³
 - Timbunan biasa = 35.000 M³
 - Penyiapan Badan Jalan = 18.000 M³
- Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan
 - Lapis Pondasi Agregat Kelas S = 2.550 M³
- Perkerasan berbutir dan perkerasan beton semen
 - Lapis pondasi agregat kelas A = 11.160 M³
- Perkerasan Aspal
 - Lapis resap pengikat aspal cair = 21600 Liter
 - Lapis perekat aspal cair = 16.200 Liter
 - Laston lapis Aus (AC-WC) = 5011 Ton
 - Laston lapis antara (AC-BC) = 5011 Ton
 - Bahan anti pengelupasan = 30.000 Kg
- Struktur
 - Pasangan Batu = 750 M³
 - Bronjong dengan kawat yang dilapisi galvanis = 720 M³
- Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor
 - Marka jalan termoplastik = 2.970 M²
 - Pekerjaan pemeliharaan rutin selokan, saluran air, galian dan timbunan = 0 LS
 - Pemeliharaan rutin perlengkapan jalan = 0 LS
 - Pemeliharaan rutin perkerasan = 0 LS

- Pemeliharaan rutin bahu jalan = 0 LS
- Pemeliharaan rutin jembatan = 0 LS

5.5.1. Fuzzifikasi

Langkah awal adalah menentukan derajat keanggotaan dari masing-masing nilai input (μ). Masing-masing akan memiliki derajat keanggotaan saat rendah, menengah dan tinggi, begitu pula dengan input pada seluruh divisi. Maka nilai derajat keanggotaan masing-masing input adalah :

- Divisi Umum

$$\mu[\text{mobilisasi} = 1 \text{ LS}] \begin{cases} \mu_R = 1 \\ \mu_0 = 0 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Manajemen keselamatan lalu lintas} = 1 \text{ LS}] \begin{cases} \mu_R = 1 \\ \mu_0 = 0 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Manajemen mutu} = 1 \text{ LS}] \begin{cases} \mu_R = 1 \\ \mu_0 = 0 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Pengamanan Lingkungan hidup} = 0 \text{ LS}] \begin{cases} \mu_R = 0 \\ \mu_0 = 1 \end{cases}$$

- Divisi Drainase

$$\mu[\text{Galian selokan drainase dan saluran air} = 6000 \text{ M}^3] \begin{cases} \mu_R = 0 \\ \mu_M = 0 \\ \mu_T = 1 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Pasangan batu mortar} = 1800 \text{ M}^3] \begin{cases} \mu_R = 0 \\ \mu_M = 0 \\ \mu_T = 1 \end{cases}$$

- Divisi Pekerjaan Tanah

$$\mu[\text{Galian biasa} = 119.000 \text{ M}^3] \begin{cases} \mu_R = 1 \\ \mu_M = 0 \\ \mu_T = 0 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Galian batu lunak} = 74450 \text{ M}^3] \begin{cases} \mu_R = 0 \\ \mu_M = 0 \\ \mu_T = 1 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Timbunan biasa} = 35.000 \text{ M}^3] \begin{cases} \mu_R = 1 \\ \mu_M = 0 \\ \mu_T = 0 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Penyiapan Badan Jalan} = 18.000 \text{ M}^3] \begin{cases} \mu_R=1 \\ \mu_M=0 \\ \mu_T=0 \end{cases}$$

- Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan

$$\mu[\text{Lapis Pondasi Agregat Kelas S} = 2.550 \text{ M}^3] \begin{cases} \mu_R=0 \\ \mu_M=1 \\ \mu_T=0 \end{cases}$$

- Perkerasan berbutir dan perkerasan beton semen

$$\mu[\text{Lapis pondasi agregat kelas A} = 11.160 \text{ M}^3] \begin{cases} \mu_R=0 \\ \mu_M=1 \\ \mu_T=0 \end{cases}$$

- Perkerasan Aspal

$$\mu[\text{Lapis resap pengikat aspal cair} = 21600 \text{ Liter}] \begin{cases} \mu_R=0 \\ \mu_M=1 \\ \mu_T=0 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Lapis perekat aspal cair} = 16.200 \text{ Liter}] \begin{cases} \mu_R=0 \\ \mu_M=1 \\ \mu_T=0 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Laston lapis Aus (AC-WC)} = 5011 \text{ Ton}] \begin{cases} \mu_R=0 \\ \mu_M=1 \\ \mu_T=0 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Laston lapis antara (AC-BC)} = 5011 \text{ Ton}] \begin{cases} \mu_R=0 \\ \mu_M=1 \\ \mu_T=0 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Bahan anti pengelupasan} = 30.000 \text{ Kg}] \begin{cases} \mu_R=0 \\ \mu_M=0 \\ \mu_T=1 \end{cases}$$

- Struktur

$$\mu[\text{Pasangan Batu} = 750 \text{ M}^3] \begin{cases} \mu_R=0 \\ \mu_M=0 \\ \mu_T=1 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Bronjong dengan kawatyang dilapisi galvanis} = 720 \text{ M}^3] \begin{cases} \mu_R=0 \\ \mu_M=0 \\ \mu_T=1 \end{cases}$$

- Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor

$$\mu[\text{Marka jalan termoplastik} = 2970 \text{ M}^2] \begin{cases} \mu_R=0 \\ \mu_M=0 \\ \mu_T=1 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Pemeliharaan rutin selokan, saluran air, galian dan timbunan} = 0 \text{ LS}] \begin{cases} \mu_R=0 \\ \mu_0=1 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Pemeliharaan rutin perlengkapan jalan} = 0 \text{ LS}] \begin{cases} \mu_R=0 \\ \mu_0=1 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Pemeliharaan rutin perkerasan} = 0 \text{ LS}] \begin{cases} \mu_R=0 \\ \mu_0=1 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Pemeliharaan rutin bahu jalan} = 0 \text{ LS}] \begin{cases} \mu_R=0 \\ \mu_0=1 \end{cases}$$

$$\mu[\text{Pemeliharaan rutin jembatan} = 0 \text{ LS}] \begin{cases} \mu_R=0 \\ \mu_0=1 \end{cases}$$

5.5.2. Rule base

a. Divisi Umum

Tabel 5.1 Rule base Divisi Umum

Rule	mobilisasi	Manajemen Keselamatan	manajemen mutu	pengamanan lingkungan hidup	α_{predikat}
1	0	0	0	1	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	1	1	0
4	0	0	1	0	0
5	0	1	0	1	0
6	0	1	0	0	0
7	0	1	1	1	0
8	0	1	1	0	0
9	1	0	0	1	0
10	1	0	0	0	0

Rule	mobilisasi	Manajemen Keselamatan	manajemen mutu	pengamanan lingkungan hidup	$\alpha_{predikat}$
11	1	0	1	1	0
12	1	0	1	0	0
13	1	1	0	1	0
14	1	1	0	0	0
15	1	1	1	0	0
16	1	1	1	1	1

b. Divisi Drainase

Tabel 5.2 Rule Base Divisi Drainase

Rule	Galian selokan drainase dan saluran air	Pasangan batu mortar	$\alpha_{predikat}$
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	1	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	1	0
7	1	0	0
8	1	0	0
9	1	1	1

c. Pekerjaan Tanah

Tabel 5.3 Rule Base Pekerjaan Tanah

Rule	Galian Biasa	Galian Batu	Timbunan Biasa	penyiapan badan jalan	$\alpha_{predikat}$
------	--------------	-------------	----------------	-----------------------	---------------------

Rule	Galian Biasa	Galian Batu	Timbunan Biasa	penyiapan badan jalan	$\alpha_{predikat}$
1	1	0	1	1	0
2	1	0	1	0	0
3	1	0	1	0	0
4	1	0	0	1	0
5	1	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0
7	1	0	0	1	0
8	1	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0
10	1	0	1	1	0
11	1	0	1	0	0
12	1	0	1	0	0
13	1	0	0	1	0
14	1	0	0	0	0
15	1	0	0	0	0
16	1	0	0	1	0
17	1	0	0	0	0
18	1	0	0	0	0
19	1	1	1	1	1
20	1	1	1	0	0
21	1	1	1	0	0
22	1	1	0	1	0
23	1	1	0	0	0
24	1	1	0	0	0
25	1	1	0	1	0
26	1	1	0	0	0
27	1	1	0	0	0
28	0	0	1	1	0
29	0	0	1	0	0
30	0	0	1	0	0

Rule	Galian Biasa	Galian Batu	Timbunan Biasa	penyiapan badan jalan	$\alpha_{predikat}$
31	0	0	0	1	0
32	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0
34	0	0	0	1	0
35	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0
37	0	0	1	1	0
38	0	0	1	0	0
39	0	0	1	0	0
40	0	0	0	1	0
41	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0
43	0	0	0	1	0
44	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0
46	0	1	1	1	0
47	0	1	1	0	0
48	0	1	1	0	0
49	0	1	0	1	0
50	0	1	0	0	0
51	0	1	0	0	0
52	0	1	0	1	0
53	0	1	0	0	0
54	0	1	0	0	0
55	0	0	1	1	0
56	0	0	1	0	0
57	0	0	1	0	0
58	0	0	0	1	0
59	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0

Rule	Galian Biasa	Galian Batu	Timbunan Biasa	penyiapan badan jalan	α_{predikat}
61	0	0	0	1	0
62	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0
64	0	0	1	1	0
65	0	0	1	0	0
66	0	0	1	0	0
67	0	0	0	1	0
68	0	0	0	0	0
69	0	0	0	0	0
70	0	0	0	1	0
71	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0
73	0	1	1	1	0
74	0	1	1	0	0
75	0	1	1	0	0
76	0	1	0	1	0
77	0	1	0	0	0
78	0	1	0	0	0
79	0	1	0	1	0
80	0	1	0	0	0
81	0	1	0	0	0

d. Pelebaran perkerasan dn bahu jalan

1. $\alpha_{\text{predikat}} = \text{Min}(0) = 0$
2. $\alpha_{\text{predikat}} = \text{Min}(1) = 1$
3. $\alpha_{\text{predikat}} = \text{Min}(0) = 0$

e. Perkerasan berbutir dan perkerasan beton semen

1. $\alpha_{\text{predikat}} = \text{Min}(0) = 0$
2. $\alpha_{\text{predikat}} = \text{Min}(1) = 1$
3. $\alpha_{\text{predikat}} = \text{Min}(0) = 0$

f. Perkerasan Aspal

Tabel 5.4 Rule Base Perkerasan Aspal

Rule	Lapis resap Pengikat Aspal Cair	Lapis Perekat Aspal Cair	Laston Lapis Aus (AC-WC)	laston lapis antara (AC-BC)	Bahan anti pengelupasan	α predikat
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	1	0
4	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	1	1	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0
10	0	0	1	0	0	0
11	0	0	1	0	0	0
12	0	0	1	0	1	0
13	0	0	1	1	0	0
14	0	0	1	1	0	0
15	0	0	1	1	1	0
16	0	0	1	0	0	0
17	0	0	1	0	0	0
18	0	0	1	0	1	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	1	0
22	0	0	0	1	0	0
23	0	0	0	1	0	0
24	0	0	0	1	1	0
25	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	1	0

Rule	Lapis resap Pengikat Aspal Cair	Lapis Perekat Aspal Cair	Laston Lapis Aus (AC-WC)	laston lapis antara (AC-BC)	Bahan anti pengelupasan	α predikat
28	0	1	0	0	0	0
29	0	1	0	0	0	0
30	0	1	0	0	1	0
31	0	1	0	1	0	0
32	0	1	0	1	0	0
33	0	1	0	1	1	0
34	0	1	0	0	0	0
35	0	1	0	0	0	0
36	0	1	0	0	1	0
37	0	1	1	0	0	0
38	0	1	1	0	0	0
39	0	1	1	0	1	0
40	0	1	1	1	0	0
41	0	1	1	1	0	0
42	0	1	1	1	1	0
43	0	1	1	0	0	0
44	0	1	1	0	0	0
45	0	1	1	0	1	0
46	0	1	0	0	0	0
47	0	1	0	0	0	0
48	0	1	0	0	1	0
49	0	1	0	1	0	0
50	0	1	0	1	0	0
51	0	1	0	1	1	0
52	0	1	0	0	0	0
53	0	1	0	0	0	0
54	0	1	0	0	1	0

Rule	Lapis resap Pengikat Aspal Cair	Lapis Perekat Aspal Cair	Laston Lapis Aus (AC-WC)	laston lapis antara (AC-BC)	Bahan anti pengelupasan	α predikat
55	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	1	0
58	0	0	0	1	0	0
59	0	0	0	1	0	0
60	0	0	0	1	1	0
61	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	1	0
64	0	0	1	0	0	0
65	0	0	1	0	0	0
66	0	0	1	0	1	0
67	0	0	1	1	0	0
68	0	0	1	1	0	0
69	0	0	1	1	1	0
70	0	0	1	0	0	0
71	0	0	1	0	0	0
72	0	0	1	0	1	0
73	0	0	0	0	0	0
74	0	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	1	0
76	0	0	0	1	0	0
77	0	0	0	1	0	0
78	0	0	0	1	1	0
79	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0
81	0	0	0	0	1	0

Rule	Lapis resap Pengikat Aspal Cair	Lapis Perekat Aspal Cair	Laston Lapis Aus (AC-WC)	laston lapis antara (AC-BC)	Bahan anti pengelupasan	α predikat
82	1	0	0	0	0	0
83	1	0	0	0	0	0
84	1	0	0	0	1	0
85	1	0	0	1	0	0
86	1	0	0	1	0	0
87	1	0	0	1	1	0
88	1	0	0	0	0	0
89	1	0	0	0	0	0
90	1	0	0	0	1	0
91	1	0	1	0	0	0
92	1	0	1	0	0	0
93	1	0	1	0	1	0
94	1	0	1	1	0	0
95	1	0	1	1	0	0
96	1	0	1	1	1	0
97	1	0	1	0	0	0
98	1	0	1	0	0	0
99	1	0	1	0	1	0
100	1	0	0	0	0	0
101	1	0	0	0	0	0
102	1	0	0	0	1	0
103	1	0	0	1	0	0
104	1	0	0	1	0	0
105	1	0	0	1	1	0
106	1	0	0	0	0	0
107	1	0	0	0	0	0
108	1	0	0	0	1	0

Rule	Lapis resap Pengikat Aspal Cair	Lapis Perekat Aspal Cair	Laston Lapis Aus (AC-WC)	laston lapis antara (AC-BC)	Bahan anti pengelupasan	α predikat
109	1	1	0	0	0	0
110	1	1	0	0	0	0
111	1	1	0	0	1	0
112	1	1	0	1	0	0
113	1	1	0	1	0	0
114	1	1	0	1	1	0
115	1	1	0	0	0	0
116	1	1	0	0	0	0
117	1	1	0	0	1	0
118	1	1	1	0	0	0
119	1	1	1	0	0	0
120	1	1	1	0	1	0
121	1	1	1	1	0	0
122	1	1	1	1	0	0
123	1	1	1	1	1	1
124	1	1	1	0	0	0
125	1	1	1	0	0	0
126	1	1	1	0	1	0
127	1	1	0	0	0	0
128	1	1	0	0	0	0
129	1	1	0	0	1	0
130	1	1	0	1	0	0
131	1	1	0	1	0	0
132	1	1	0	1	1	0
133	1	1	0	0	0	0
134	1	1	0	0	0	0
135	1	1	0	0	1	0

Rule	Lapis resap Pengikat Aspal Cair	Lapis Perekat Aspal Cair	Laston Lapis Aus (AC-WC)	laston lapis antara (AC-BC)	Bahan anti pengelupasan	α predikat
136	1	0	0	0	0	0
137	1	0	0	0	0	0
138	1	0	0	0	1	0
139	1	0	0	1	0	0
140	1	0	0	1	0	0
141	1	0	0	1	1	0
142	1	0	0	0	0	0
143	1	0	0	0	0	0
144	1	0	0	0	1	0
145	1	0	1	0	0	0
146	1	0	1	0	0	0
147	1	0	1	0	1	0
148	1	0	1	1	0	0
149	1	0	1	1	0	0
150	1	0	1	1	1	0
151	1	0	1	0	0	0
152	1	0	1	0	0	0
153	1	0	1	0	1	0
154	1	0	0	0	0	0
155	1	0	0	0	0	0
156	1	0	0	0	1	0
157	1	0	0	1	0	0
158	1	0	0	1	0	0
159	1	0	0	1	1	0
160	1	0	0	0	0	0
161	1	0	0	0	0	0
162	1	0	0	0	1	0

Rule	Lapis resap Pengikat Aspal Cair	Lapis Perekat Aspal Cair	Laston Lapis Aus (AC-WC)	laston lapis antara (AC-BC)	Bahan anti pengelupasan	α predikat
163	0	0	0	0	0	0
164	0	0	0	0	0	0
165	0	0	0	0	1	0
166	0	0	0	1	0	0
167	0	0	0	1	0	0
168	0	0	0	1	1	0
169	0	0	0	0	0	0
170	0	0	0	0	0	0
171	0	0	0	0	1	0
172	0	0	1	0	0	0
173	0	0	1	0	0	0
174	0	0	1	0	1	0
175	0	0	1	1	0	0
176	0	0	1	1	0	0
177	0	0	1	1	1	0
178	0	0	1	0	0	0
179	0	0	1	0	0	0
180	0	0	1	0	1	0
181	0	0	0	0	0	0
182	0	0	0	0	0	0
183	0	0	0	0	1	0
184	0	0	0	1	0	0
185	0	0	0	1	0	0
186	0	0	0	1	1	0
187	0	0	0	0	0	0
188	0	0	0	0	0	0
189	0	0	0	0	1	0

Rule	Lapis resap Pengikat Aspal Cair	Lapis Perekat Aspal Cair	Laston Lapis Aus (AC-WC)	laston lapis antara (AC-BC)	Bahan anti pengelupasan	α predikat
190	0	1	0	0	0	0
191	0	1	0	0	0	0
192	0	1	0	0	1	0
193	0	1	0	1	0	0
194	0	1	0	1	0	0
195	0	1	0	1	1	0
196	0	1	0	0	0	0
197	0	1	0	0	0	0
198	0	1	0	0	1	0
199	0	1	1	0	0	0
200	0	1	1	0	0	0
201	0	1	1	0	1	0
202	0	1	1	1	0	0
203	0	1	1	1	0	0
204	0	1	1	1	1	0
205	0	1	1	0	0	0
206	0	1	1	0	0	0
207	0	1	1	0	1	0
208	0	1	0	0	0	0
209	0	1	0	0	0	0
210	0	1	0	0	1	0
211	0	1	0	1	0	0
212	0	1	0	1	0	0
213	0	1	0	1	1	0
214	0	1	0	0	0	0
215	0	1	0	0	0	0
216	0	1	0	0	1	0

Rule	Lapis resap Pengikat Aspal Cair	Lapis Perekat Aspal Cair	Laston Lapis Aus (AC-WC)	laston lapis antara (AC-BC)	Bahan anti pengelupasan	α predikat
217	0	0	0	0	0	0
218	0	0	0	0	0	0
219	0	0	0	0	1	0
220	0	0	0	1	0	0
221	0	0	0	1	0	0
222	0	0	0	1	1	0
223	0	0	0	0	0	0
224	0	0	0	0	0	0
225	0	0	0	0	1	0
226	0	0	1	0	0	0
227	0	0	1	0	0	0
228	0	0	1	0	1	0
229	0	0	1	1	0	0
230	0	0	1	1	0	0
231	0	0	1	1	1	0
232	0	0	1	0	0	0
233	0	0	1	0	0	0
234	0	0	1	0	1	0
235	0	0	0	0	0	0
236	0	0	0	0	0	0
237	0	0	0	0	1	0
238	0	0	0	1	0	0
239	0	0	0	1	0	0
240	0	0	0	1	1	0
241	0	0	0	0	0	0
242	0	0	0	0	0	0
243	0	0	0	0	1	0

g. Divisi Struktur

Tabel 5.5 Rule Base Divisi Struktur

Rule	Pasangan Batu	Bronjong dengan kawat yang dilapisi galvanis	$\alpha_{predikat}$
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	1	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	1	0
7	1	0	0
8	1	0	0
9	1	1	1

h. Divisi Pengembalian kondisi dan Pekerjaan Minor

Tabel 5.6 Rule Base Divisi Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor

Rule	MJT	PRS	PRPJ	PRP	PBH	PRJ	$\alpha_{predikat}$
1	0	1	1	1	1	1	0
2	0	1	1	1	1	0	0
3	0	1	1	1	0	1	0
4	0	1	1	1	0	0	0
5	0	1	1	0	1	1	0
6	0	1	1	0	1	0	0
7	0	1	1	0	0	1	0
8	0	1	1	0	0	0	0
9	0	1	0	1	1	1	0
10	0	1	0	1	1	0	0
11	0	1	0	1	0	1	0
12	0	1	0	1	0	0	0
13	0	1	0	0	1	1	0
14	0	1	0	0	1	0	0
15	0	1	0	0	0	1	0

Rule	MJT	PRS	PRPJ	PRP	PBH	PRJ	α predikat
16	0	1	0	0	0	0	0
17	0	0	1	1	1	1	0
18	0	0	1	1	1	0	0
19	0	0	1	1	0	1	0
20	0	0	1	1	0	0	0
21	0	0	1	0	1	1	0
22	0	0	1	0	1	0	0
23	0	0	1	0	0	1	0
24	0	0	1	0	0	0	0
25	0	0	0	1	1	1	0
26	0	0	0	1	1	0	0
27	0	0	0	1	0	1	0
28	0	0	0	1	0	0	0
29	0	0	0	0	1	1	0
30	0	0	0	0	1	0	0
31	0	0	0	0	0	1	0
32	0	0	0	0	0	0	0
33	0	1	1	1	1	1	0
34	0	1	1	1	1	0	0
35	0	1	1	1	0	1	0
36	0	1	1	1	0	0	0
37	0	1	1	0	1	1	0
38	0	1	1	0	1	0	0
39	0	1	1	0	0	1	0
40	0	1	1	0	0	0	0
41	0	1	0	1	1	1	0
42	0	1	0	1	1	0	0
43	0	1	0	1	0	1	0
44	0	1	0	1	0	0	0
45	0	1	0	0	1	1	0
46	0	1	0	0	1	0	0

Rule	MJT	PRS	PRPJ	PRP	PBH	PRJ	α predikat
47	0	1	0	0	0	1	0
48	0	1	0	0	0	0	0
49	0	0	1	1	1	1	0
50	0	0	1	1	1	0	0
51	0	0	1	1	0	1	0
52	0	0	1	1	0	0	0
53	0	0	1	0	1	1	0
54	0	0	1	0	1	0	0
55	0	0	1	0	0	1	0
56	0	0	1	0	0	0	0
57	0	0	0	1	1	1	0
58	0	0	0	1	1	0	0
59	0	0	0	1	0	1	0
60	0	0	0	1	0	0	0
61	0	0	0	0	1	1	0
62	0	0	0	0	1	0	0
63	0	0	0	0	0	1	0
64	0	0	0	0	0	0	0
65	1	0	0	0	0	0	0
66	1	1	1	1	1	0	0
67	1	1	1	1	0	1	0
68	1	1	1	1	0	0	0
69	1	1	1	0	1	1	0
70	1	1	1	0	1	0	0
71	1	1	1	0	0	1	0
72	1	1	1	0	0	0	0
73	1	1	0	1	1	1	0
74	1	1	0	1	1	0	0
75	1	1	0	1	0	1	0
76	1	1	0	1	0	0	0
77	1	1	0	0	1	1	0

Rule	MJT	PRS	PRPJ	PRP	PBH	PRJ	$\alpha_{predikat}$
78	1	1	0	0	1	0	0
79	1	1	0	0	0	1	0
80	1	1	0	0	0	0	0
81	1	0	1	1	1	1	0
82	1	0	1	1	1	0	0
83	1	0	1	1	0	1	0
84	1	0	1	1	0	0	0
85	1	0	1	0	1	1	0
86	1	0	1	0	1	0	0
87	1	0	1	0	0	1	0
88	1	0	1	0	0	0	0
89	1	0	0	1	1	1	0
90	1	0	0	1	1	0	0
91	1	0	0	1	0	1	0
92	1	0	0	1	0	0	0
93	1	0	0	0	1	1	0
94	1	0	0	0	1	0	0
95	1	0	0	0	0	1	0
96	1	0	0	0	0	0	0

5.5.3. Perhitungan Deffuzifikasi

a. Divisi Umum

$$\begin{aligned}
 Z(\text{divisi umum}) &= \frac{\alpha_{predikat\ 15} \times Z_{15}}{\alpha_{predikat\ 15}} \\
 &= \frac{1 \times 311.450.000}{1} \\
 &= 311.450.000
 \end{aligned}$$

b. Divisi Drainase

$$\begin{aligned}
 Z(\text{divisi drainase}) &= \frac{\alpha_{predikat\ 9} \times Z_9}{\alpha_{predikat\ 9}} \\
 &= \frac{1 \times 2.804.052.000}{1} \\
 &= 2.804.052.000
 \end{aligned}$$

- c. Divisi Pekerjaan Tanah

$$\begin{aligned} Z(\text{pekerjaan tanah}) &= \frac{\alpha_{\text{predikat 19}} \times Z_{19}}{\alpha_{\text{predikat 19}}} \\ &= \frac{1 \times 23.295.982,400}{1} \\ &= 23.295.982.400 \end{aligned}$$

- d. Divisi Pelebaran perkerasan dan bahu jalan

$$\begin{aligned} Z(\text{pekerjaan tanah}) &= \frac{\alpha_{\text{predikat 2}} \times Z_2}{\alpha_{\text{predikat 2}}} \\ &= \frac{1 \times 1.500.957.900}{1} \\ &= 1.500.957.900 \end{aligned}$$

- e. Divisi Perkerasan berbutir dan perkerasan beton semen

$$\begin{aligned} Z(\text{pekerjaan tanah}) &= \frac{\alpha_{\text{predikat 2}} \times Z_2}{\alpha_{\text{predikat 2}}} \\ &= \frac{1 \times 6.568.976.880}{1} \\ &= 6.568.976.880 \end{aligned}$$

- f. Divisi perkerasan aspal

$$\begin{aligned} Z(\text{pekerjaan tanah}) &= \frac{\alpha_{\text{predikat 123}} \times Z_{123}}{\alpha_{\text{predikat 123}}} \\ &= \frac{1 \times 17.048.736.911}{1} \\ &= 17.048.736.911 \end{aligned}$$

- g. Divisi struktur

$$\begin{aligned} Z(\text{pekerjaan tanah}) &= \frac{\alpha_{\text{predikat 9}} \times Z_9}{\alpha_{\text{predikat 9}}} \\ &= \frac{1 \times 1.414.490.760}{1} \\ &= 1.414.490.760 \end{aligned}$$

- h. Divisi Pengembalian kondisi dan pekerjaan minor

$$\begin{aligned} Z(\text{pekerjaan tanah}) &= \frac{\alpha_{\text{predikat 65}} \times Z_{65}}{\alpha_{\text{predikat 65}}} \\ &= \frac{1 \times 0}{1} \\ &= 0 \end{aligned}$$

5.5.4. Hasil Perhitungan

Tabel 5.7 Hasil perhitungan

No	Divisi	Total RAB (Rupiah) Fuzzy Takagi Sugeno	Total RAB (Rupiah) Manual
1	Divisi Umum	311.450.000	
2	Divisi Drainase	2.804.052.000	
3	Divisi Pekerjaan Tanah	23.295.982,400	
4	Divisi Pelebaran perkerasan dan bahu jalan	1.500.957.900	
5	Divisi Perkerasan berbutir dan perkerasan beton semen	6.568.976.880	
6	Divisi perkerasan aspal	17.048.736.911	
7	Divisi struktur	1.414.490.760	
8	Divisi Pengembalian kondisi dan pekerjaan minor	0	
TOTAL		52.950.009.851	

5.5.5. Hasil Logika Fuzzy

Analisa RAB (Sugeno Logic)

Divisi Umum	
Mobilisasi	1
Manajemen keselamatan lalu lintas	1
Manajemen Mutu	1
Pengamanan Lingkungan Hidup	0

Perkerasan Aspal	
Lapis resap pengikat aspal cair	21600
Lapis perekat aspal cair	16200
Laston lapis Aus (AC-WC)	6011
Laston lapis antara (AC-BC)	6011
Bahan anti pengelupasan	30000

Divisi Drainase	
Galian selokan drainase & saluran air	6000
Pasangan Batu dengan Mortar	1800

Struktur	
Pasangan Batu	750
Bronjong dengan kawat yang dilapisi galvanis	720

Divisi Pekerjaan Tanah	
Galian	119000
Galian Batu lunak	74450
Timbunan Biasa	36000
Penyiapan Badan Jalan	18000

Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan	
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	2650

Perkerasan Butir dan Perkerasan Boten Semen	
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	11160

Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor	
Marka jalan termoplastik	2670
Pekerjaan pemeliharaan rutin selokan air	0
Pemeliharaan rutin perlengkapan jalan	0
Pemeliharaan rutin perkerasan	0
Pemeliharaan rutin bahu jalan	0
Pemeliharaan rutin jembatan	0

Divisi Umum
Rp 316,795,000.00

Divisi Drainase
Rp 2,804,052,000.00

Divisi Pekerjaan Tanah
Rp 23,295,982,400.00

Pelebaran Perkerasan dan Bahu Jalan
Rp 1,500,975,900.00

Perkerasan Butir & Boten Semen
Rp 6,568,976,880.00

Perkerasan Aspal
Rp 17,048,736,911.00

Struktur
Rp 1,414,490,760.00

Pengembalian Kondisi & Pekerjaan Minor
Rp 0.00

TOTAL
Rp 52,950,009,851.00

Proses

Gambar 5.26 Hasil Perhitungan Matlab Algoritma Logika Fuzzy Inference System Takagi Sugeno

Dari gambar diatas, menunjukkan bahwa menggunakan Aplikasi Matlab algoritma Logika Fuzzy Inference System Takagi Sugeno. Dapat dilihat total biaya Rp. 54.840.926.051 dapat dihemat menjadi Rp.52.950.009.851. Penurunan yang dihasilkan melalui perhitungan menggunakan aplikasi logika Fuzzy yakni 3,45 %. Penurunan terjadi pada item pekerjaan Pengembalian Kondisi dan Pekerjaan Minor karena item pekerjaan tersebut dianggap tidak masuk akal oleh aplikasi logika Fuzzy sehingga diberikan nilai 0 atau dianggap tidak diperlukan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan tahapan-tahapan analisis dan pengolahan data, diperoleh kesimpulan :

1. Hasil perhitungan rencana anggaran biaya yang dilakukan dengan menggunakan metode Logika *Fuzzy* menghasilkan nilai biaya yang lebih kecil. Dengan Optimasi dari cost/biaya, material dan bahan, jumlah SDM, dan manajemen resiko
2. Kinerja yang dihasilkan metode Logika *Fuzzy* lebih baik dibandingkan dengan perhitungan manual, hal ini terlihat dari total biaya Rp. 54.840.926.051 dapat dihemat menjadi Rp.52.950.009.851.
3. Dengan metode ini efisiensi perkiraan biaya menjadi lebih mudah dikarenakan terjadi penurunan biaya pada pekerjaan pengembalian kondisi dan pekerjaan minor, dan mengalami perbaikan pada pengeluaran yang menjadi lebih hemat sekitar 3.45%.

6.2 SARAN

Berdasarkan kesimpulan, saran yang dapat diberikan dalam tesis ini antara lain:

1. Metode yang digunakan dalam analisis kriteria pada pelaksanaan proyek konstruksi yang disarankan dapat dikembangkan dalam proyek konstruksi lainnya. Seperti Kontruksi gedung, rumah, jembatan, hingga bangunan air.
2. Metode yang digunakan dapat dikembangkan dengan metode Logika Fuzzy lainnya. Seperti Logika Fuzzy Mamdani, dan Logika Fuzzy Tsukamoto, sehingga mungkin dapat diperoleh hasil yang lebih optimal lagi.
3. Saran bagi penulis, dapat mengembangkan Logika Fuzzy Inference System Takagi-Sugeno untuk masukan data yang lebih rinci lagi. Karena tiap proyek punya kebutuhan yang berbeda untuk menjadi masukan data dalam program menggunakan Logika Fuzzy Inference System Takagi-Sugeno.

DAFTAR PUSTAKA

- C. Chen, G.W. Flintsch, dan I.L. Al-Qadi. 2004. *Fuzzy Logic Based Life Cycle Cost Analysis Model for Pavement and Asset Management*. Virginia, United States of America.
- Jamshid. S. 2005. Cost Estimation of Highway Projects in Developing Countries: Artificial Neural Network Approach
- Kusuma Dewi, S. et al. 2006. Fuzzy- Attribute Decision Making (FUZZY MADM). Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Kusumadewi, Sri dan Purnomo. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta : Garaha Ilmu.
- Nedal Salah Jameel, (Salah Jameel, 2013) Al Sheikh. 2013. *Cost Estimation of Contruction Projects at Gaza Strip Using Fuzzy Logic*. Palestine.
- Thoedtida, Thipparat dan Thongpoon, Thaseepetch. 2012. *Adaptive neuro-fuzzy interference system (ANFIS)*. Thailand.
- Prabowo P.W dan Rahmadya Trias Handayanto. 2009. *Penerapan Soft Computing dengan Matlab*. Jakarta : Rekayasa Sains.